



**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**ESCUELA INTERNACIONAL DE**  
**DOCTORADO**

**TESIS DOCTORAL**

**Mejora tecnológica de la fabricación industrial de tentáculos de  
potón (*Dosidicus gigas*) cocinado y congelado.**

**D<sup>a</sup> Faustina Fernández Lucas**

**2023**





**UNIVERSIDAD DE MURCIA**  
**ESCUELA INTERNACIONAL DE**  
**DOCTORADO**

**TESIS DOCTORAL**

Mejora tecnológica de la fabricación industrial de tentáculos de  
potón (*Dosidicus gigas*) cocinado y congelado.

Autor: D<sup>a</sup> Faustina Fernández Lucas

Director: D. Sancho Bañón Arias





**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD  
DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

*Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022*

D./Dña. FAUSTINA FERNÁNDEZ LUCAS

doctorando del Programa de Doctorado en

TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS, NUTRICIÓN Y BROMATOLOGÍA

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Mejora tecnológica de la fabricación industrial de tentáculos de potón (*Dosidicus gigas*) cocinado y congelado.

y dirigida por,

D./Dña. SANCHO JOSÉ BAÑÓN ARIAS

D./Dña.

D./Dña.

**DECLARO QUE:**

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

*Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:*

- La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 18 de Septiembre de 2023

Fdo.: FAUSTINA FERNÁNDEZ LUCAS

*Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.*

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia



## Agradecimientos

A mi tutor, Sancho, siempre exigente y sobre todo sincero, el cual me propuso la idea de llevar a cabo este proyecto hace unos años y al que le agradezco enormemente haberme visto capaz de llevarla a cabo, por hacerme creer en mí y en mis habilidades para seguir formándome académica y profesionalmente.

A la empresa colaboradora, la que siempre me ha dado libertad para formarme y poder desarrollar e investigar en todas las locuras que han ido surgiendo.

A mi familia, la que siempre me ha apoyado en todas las decisiones y objetivos que me he propuesto. Por aguantar mis ausencias en muchos eventos y por soportar mi presencia, junto con la de mi ordenador, como extensión de mi cuerpo, en casi todas las reuniones y eventos familiares.

A la que fue mi otra familia, en especial a Pilar, la cual me impulsó a dejar los hilos para seguir con mi crecimiento académico y a Paco, por animarme y apoyarme en mis decisiones.

A mis compañeros/as de trabajo, que son mis compañeros de vida, los cuales hacen que los días sean llevaderos y de otro color. Por su apoyo en todos los momentos en los que lo he necesitado.

A mis amigas, las cuales llevan años aguantando mis frikadas de estudiante y alegrándose por mis logros.

A Ana M<sup>a</sup> y a Ignacio, que han sido dos motores súper importantes que me han hecho permanecer constante y no decaer en momentos de adversidad. Gracias por su apoyo.

A las personas que, aunque no estén presentes, se alegrarán de que haya podido conseguir haber llegado aquí.

Y en general a todos los que han pasado por el camino aportando lo necesario para poder haber llegado a finalizar este proyecto.

A todos, muchas gracias.

**Dedicado a:** Mis padres, por su apoyo incondicional en todas mis aventuras y a Sancho, por hacer posible este proyecto.

“Todo parece imposible hasta que se hace”  
(Nelson Mandela)

# FE DE ERRATAS

**Se incluyen los siguientes datos:**

**En Página 99** -->Figura 26. Presentación de la limpieza del manto de potón. Eliminación de la piel y la membrana (a) retirada de la piel externa; (b) retiro de la membrana interna.

(Aldoradín E., et al 2013)

**En página 201** --> Aldoradín, E., Solari, A., & Albrecht-Ruiz, M. (2013). Characterization And Enzimatic Hydrolysis Of Giant Squid (*Dosidicus Gigas*) Skin. Bol. invest. Inst. tecnol. Prod. Perú. Volumen 11: 59 - 65. 2013.

---

<b>1.</b>	<b>ÍNDICE.....</b>	<b>7</b>
1.1.	Índice de tablas.....	12
1.2.	Índice de figuras.....	14
1.3.	Lista de abreviaturas.....	17
<b>2.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>REVISION BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>23</b>
3.1	Producción española de productos transformados de pescado y marisco.....	23
3.2	Cadena de producción de los productos transformados de la pesca.....	23
3.2.1	Acuicultura.....	26
3.2.2	Pesca extractiva.....	27
3.3	Empresas españolas comercializadoras de productos de la pesca.....	29
3.4	Descripción de la empresa colaboradora.....	30
3.5	Comercialización de cefalópodos y derivados .....	34
3.6	Consumo de cefalópodos y derivados.....	36
3.7	Legislación sobre seguridad e higiene alimentaria y etiquetado.....	42
3.7.1	Higiene y seguridad alimentaria.....	42
3.7.2	Disposiciones específicas: Productos Pesqueros.....	42
3.7.3	Etiquetado en productos de la pesca.....	43
3.8	Características del potón o calamar gigante del Pacífico.....	44
3.8.1	Descripción sensorial de la carne de potón cocinada.....	49
3.8.2	Composición nutricional del potón cocinado.....	50
3.9	Factores que determinan la calidad de la carne potón como materia prima y alimento.....	51
3.9.1	Factores ambientales.....	51
3.9.2	Zona de captura.....	53
3.9.3	Artes de pesca.....	56
3.10	Transformación industrial del potón.....	61
3.10.1	Congelación en origen.....	61

---

3.10.2 Envasado y almacenamiento frigorífico en origen.....	65
3.10.3 Descongelación.....	65
3.10.4 Maceración con sales sódicas.....	66
3.10.5 Ablandamiento.....	68
3.10.6 Cocinado.....	69
3.10.8 Enfriamiento / abatimiento de temperatura.....	71
3.10.9 Corte.....	71
3.10.10 Congelación.....	71
3.10.11 Glaseado.....	71
3.10.12 Envasado.....	71
3.11 Problemática en la fabricación y calidad del potón y posibles acciones de mejora.....	75
3.11.1 Producto crudo.....	75
3.11.1.1 Contaminación por metales pesados.....	75
3.11.1.2 Contaminación microbiológica.....	78
3.11.1.3 Pérdida de jugos por congelación-descongelación.....	79
3.11.1.4 Olor y sabor desagradable.....	81
3.11.1.5 Quemaduras por congelación.....	83
3.11.1.6 Oscurecimiento y otras alteraciones por oxidación.....	84
3.11.2. Producto cocinado.....	84
3.11.2.1 Textura deficiente debido al cocinado.....	84
3.11.2.2. Alteraciones del sabor debido al cocinado.....	85
3.11.2.3. Alteraciones del color debido al cocinado.....	86
3.11.3. Producto cocinado mantenido en congelación.....	88
3.11.3.1. Alteraciones por oxidación.....	88
3.12 Métodos para evaluar la calidad de los productos de potón y similares.....	89
3.12.1. Microbiológicos.....	89
3.12.2. Físicoquímicos.....	90
3.12.2.1 PH.....	90
3.12.2.2 Bases volátiles totales de nitrógeno (BVT-N).....	91

---

3.12.2.3 Amoniaco.....	92
3.12.4. Sensoriales.....	92
3.13 Generación de subproductos durante el proceso productivo.....	93
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>95</b>
4.1. Objetivo general.....	95
4.2. Objetivos específicos.....	95
<b>5. MATERIAL Y METODOS.....</b>	<b>97</b>
5.1. Plan de trabajo.....	97
5.2. Procedimiento original de elaboración de la rodaja de Potón cocida congelada.....	98
5.2.1. Transporte a planta de origen, despiece y limpieza.....	98
5.2.2. Obtención de bloques congelados.....	100
5.2.3. Embarque.....	101
5.2.4. Recepción del potón congelado.....	101
5.2.5. Descongelación.....	102
5.2.6. Maceración.....	104
5.2.7. Ecurrido.....	107
5.2.8. Cocinado.....	107
5.2.9. Enfriamiento / abatimiento de temperatura.....	109
5.2.10. Corte.....	110
5.2.11. Recongelación.....	112
5.2.12. Generación de subproductos.....	112
5.2.13. Glaseado.....	113
5.2.14. Envasado.....	114
5.2.15. Control del producto final.....	117
5.3. Procedimientos complementarios de control de calidad.....	118
5.3.1. Análisis fisicoquímico.....	118

---

5.3.1.1 Humedad.....	118
5.3.1.2 Lípidos totales.....	118
5.3.1.3 Proteínas totales.....	119
5.3.1.4 Cenizas.....	119
5.3.1.5 Color CIELab.....	119
5.3.1.6 Textura.....	120
5.3.1.7. Determinación de la pérdida de peso.....	120
5.3.1.8 Determinación de minerales.....	120
5.3.2. Análisis microbiológico.....	121
5.3.3. Análisis sensorial.....	122
5.3.4. Índices nutricionales.....	124
5.3.5 Análisis estadístico.....	124
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>125</b>
6.1. Remodelación de la línea de fabricación de tentáculo de potón cocinado...125	
6.2. Uso de maceración por inyección para reducir el tiempo del tratamiento y mejorar el rendimiento en el cocinado.....134	
6.3. Influencia del origen del potón sobre la composición y rendimiento de los tentáculos crudos y cocinados.....144	
6.4. Cambios en el contenido mineral durante la maceración y el cocinado de materias primas de diferente origen y su posible influencia en las ingestas.....148	
6.5 Adecuación del medio de maceración a la técnica de inyección.....158	
6.6. Ajustes del tratamiento del cocinado para optimizar la textura.....163	
6.7. Reposición del caldo de cocinado para evitar desviaciones de color.....167	
6.8. Empleo de preparados culinarios a base de especias y glutamato monosódico.....172	
6.9. Congelación por nitrógeno líquido para mejorar la textura y el color.....177	
6.10. Uso de agentes glaseantes para mejorar la estabilidad durante el almacenamiento en congelación.....182	

6.11. Uso de envasado al vacío para extender el tiempo de uso del producto descongelados.....	187
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>195</b>
<b>8. RESUMEN/ABSTRACT.....</b>	<b>197</b>
<b>9. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>199</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>201</b>
<b>11. ANEXOS.....</b>	<b>225</b>

---

## 1.1 Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Producción española de pescados, mariscos y sus transformados.....	24
<b>Tabla 2.</b> Producción total española de cefalópodos (fresco, congelado y otros) ..	25
<b>Tabla 3.</b> Ranking sectorial de empresas de comercio al por mayor de pescados, mariscos y otros productos alimenticios (año 2020) según CNAE.....	29
<b>Tabla 4.</b> Evolución del comercio exterior moluscos años 2016 a 2020.....	34
<b>Tabla 5.</b> Formas de presentación de cefalópodos en tiendas.....	41
<b>Tabla 6.</b> Taxonomía del potón o calamar gigante del Pacífico.....	44
<b>Tabla 7.</b> Diferencias entre calamar, potón y pota.....	47
<b>Tabla 8.</b> Composición nutricional en calamar y Potón crudo y cocinado .....	50
<b>Tabla 9</b> Artes de pesca utilizadas en la captura del potón (Reglamento 1379/2013 .....	57
<b>Tabla 10.</b> Materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de envases de alimentos .....	74
<b>Tabla 11.</b> Límites de parámetros microbiológicos para cefalópodos cocinados establecidos por legislación europea.....	79
<b>Tabla 12.</b> Valores de nitrógeno total (NT), nitrógeno no proteico (NNP), nitrógeno básico volátil (BVN), nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>4</sub> ), humedad y pH en especímenes de potón de diferentes tallas .....	82
<b>Tabla 13.</b> Cambios en los parámetros de color del músculo del potón durante el proceso de cocción.....	88
<b>Tabla 14.</b> Formulación del medio de maceración usada para tentáculos de potón .....	106
<b>Tabla 15.</b> Medio de maceración usado en las pruebas de inyección.....	135
<b>Tabla 16.</b> Peso inicial y final (g) del tentáculo de potón crudo y cocinado a 98°C durante distintos tiempos.....	136
<b>Tabla 17.</b> Efecto del método de maceración y del tiempo de cocinado (98°C) sobre las pérdidas de peso del tentáculo de potón.....	137
<b>Tabla 18.</b> Efecto del tratamiento de maceración y del tiempo de cocinado sobre las puntuaciones de textura, sabor y olor del tentáculo de potón.....	139
<b>Tabla 19.</b> Recuentos microbiológicos determinados en tentáculo potón cocinado (cocinado durante 50 min).....	140
<b>Tabla 20.</b> Descripción de los modelos de tentáculos de potón propuestos para el ensayo.....	144
<b>Tabla 21.</b> Composición proximal (g/100g) de los tentáculos de potón crudos y cocinados procedentes de tres pesquerías del Pacífico.....	145
<b>Tabla 22.</b> Parámetros propuestos para el estudio del contenido mineral en los medios empleados y en tentáculos de potón de diferente origen.....	148
<b>Tabla 23.</b> Concentración de semimetales y metales en el agua del grifo (mg/ml), solución de maceración (mg/ml), especias para cocinar (mg/kg) y caldo de cocinado (mg/kg) utilizado para fabricar el tentáculo de potón cocinado.....	149

---

<b>Tabla 24.</b> Contenido de macro- (g/100g) y microminerales ((mg/kg) de los tentáculos de potón crudos procedentes de tres pesquerías del Pacífico.....	150
<b>Tabla 25.</b> Contenido de macro- (g/100g) y microminerales ((mg/kg) en tentáculos de potón cocinados procedentes de tres pesquerías del Pacífico.....	151
<b>Tabla 26.</b> Ingesta total y porcentaje cubierto (entre paréntesis) de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de minerales seleccionados mediante el consumo de 100 g de tentáculos de calamar cocidos por un consumidor adulto de 60 kg.....	153
<b>Tabla 27.</b> Ingesta semanal estimada (EWI) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$ de peso corporal), Ingesta semanal tolerable provisional equivalente (PTWI) (expresada como porcentaje de cobertura) y Cociente de riesgo objetivo (THQ) (razón) para Pb, Cd y Hg a través del consumo de tentáculos de potón cocinados....	153
<b>Tabla 28.</b> Composición y función tecnológica indicada en la ficha técnica de los tres medios de maceración ensayados.....	158
<b>Tabla 29.</b> Efecto del tipo de aditivo de maceración por inyección sobre las pérdidas de peso del tentáculo de potón tras el cocinado (50 min a 98°C).....	160
<b>Tabla 30.</b> Efecto del tratamiento de maceración sobre las puntuaciones de dureza, sabor y olor del tentáculo de potón.....	160
<b>Tabla 31</b> Datos para el binomio tiempo (min) y temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) empleados en el ensayo.....	163
<b>Tabla 32.</b> Efecto de la temperatura y del tiempo de cocinado sobre la evaluación sensorial de textura del tentáculo de potón cocinado.....	164
<b>Tabla 33.</b> Cambios de color en tentáculo de potón durante 8 h de cocinado en continuo sin reposición del caldo en el túnel.....	168
<b>Tabla 34.</b> Preparados de especias utilizados en el ensayo.....	173
<b>Tabla 35.</b> Tratamientos de congelación utilizados en el estudio (hasta alcanzar una congelación interna completa) .....	178
<b>Tabla 36.</b> Efecto del método de congelación sobre los valores de textura del tentáculo de potón cocido congelado y descongelado.....	179
<b>Tabla 37.</b> Efecto de la temperatura de congelación sobre las puntuaciones de color del tentáculo de potón cocido congelado.....	179
<b>Tabla 38.</b> Medios de glaseado ensayados en las rodajas de potón cocinado.....	183
<b>Tabla 39.</b> Modificaciones en el peso de la rodaja de potón tratada con diferentes glaseantes tras su almacenamiento en congelación durante 6 meses.....	183
<b>Tabla 40.</b> Detalle de las muestras estudiadas durante el ensayo.....	187
<b>Tabla 41.</b> Parámetros microbiológicos analizados durante el ensayo.....	188
<b>Tabla 42.</b> Evaluación sensorial para las muestras de rodaja de potón cocinada en envase aeróbico y descongelado durante su periodo de uso.....	189
<b>Tabla 43.</b> Evaluación sensorial para las muestras de rodaja de potón cocinada en envase anaeróbico y descongelado durante su periodo de uso.....	189
<b>Tabla 44.</b> Vida útil de algunos productos de la pesca envasados en atmósfera modificada.....	190

---

---

## 1.2 Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Producción española de pescados, mariscos y sus transformados.....	24
<b>Figura 2.</b> Producción española de transformados de pescado y marisco. Reparto por presentación de la producción de España de transformados de pescado y marisco. Volumen toneladas. Año 2019.....	24
<b>Figura 3.</b> Producción mundial de cefalópodos .....	25
<b>Figura 4.</b> Procesado industrial de los productos transformados de la pesca congelados.....	27
<b>Figura 5.</b> Valor de las ventas de las principales empresas españolas de la industria de pescado congelado en 2020 (Abigail orús, 2022) Statista 2022 (en millones de euros).....	30
<b>Figura 6.</b> Instalaciones de la planta elaboradora de la empresa colaboradora.....	31
<b>Figura 7.</b> Plano general de las instalaciones de la empresa colaboradora .....	33
<b>Figura 8.</b> Exportaciones e importaciones de moluscos años 2016 a 2020.....	34
<b>Figura 9.</b> Principales países exportadores de moluscos en 2021.....	35
<b>Figura 10.</b> Principales países importadores de moluscos en 2021.....	35
<b>Figura 11.</b> Elaboración y conservación de pescado y productos a base de pescado.....	38
<b>Figura 12.</b> Consumo per cápita de productos de la pesca periodo 2021-2022.....	39
<b>Figura 13.</b> Consumo doméstico per cápita de moluscos periodo 2021-2022.....	40
<b>Figura 14.</b> Anatomía del calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ) .....	47
<b>Figura 15.</b> Aspecto y diferencias morfológicas entre potón, calamar y pota.....	48
<b>Figura 16.</b> Diferencia de tamaño entre potón, calamar y pota.....	48
<b>Figura 17.</b> Zonas de pesca Océano Pacífico Sudoriental.....	53
<b>Figura 18.</b> Poteras utilizadas en la pesca de potón y detalle de las coronas.....	59
<b>Figura 19.</b> Embarcación de pesca de tiburón adaptada a la pesca de potón.....	60
<b>Figura 20.</b> Reflectores de 500 watts utilizados en la pesca del potón.....	60
<b>Figura 21.</b> Curva de congelación. Fuente Vidaurre-Ruiz (2012) .....	65
<b>Figura 22.</b> Análisis microscópico de músculo de calamar fresco y cocido (30 min a 100 8C): (a) aleta fresca, (b) aleta cocida, (c) manto fresco, (d) manto cocido, (e) tentáculo fresco, y (f) tentáculo cocido .....	88
<b>Figura 23.</b> Esquema de trabajo del proyecto de investigación industrial.....	97
<b>Figura 24.</b> Presentación del potón después del preproceso en la embarcación. Se separan la cabeza en la corte bailarina (A) y la aleta (B) es retirada del manto (C).....	98
<b>Figura 25.</b> Corte bailarina. Presentación de la cabeza del potón. Se retiran los ojos y el cuello, solo se dejan los tentáculos.....	98

<b>Figura 26.</b> Presentación de la limpieza del manto de potón. Eliminación de la piel y la membrana (a) retiro de la piel externa; (b) retiro de la membrana interna.....	99
<b>Figura 27.</b> Presentación de filetes de potón en bloques congelados .....	99
<b>Figura 28.</b> Presentación de los tentáculos de potón en bloques congelados .....	100
<b>Figura 29.</b> Presentación de la aleta de potón en bloques congelados.....	100
<b>Figura 30.</b> Registro para el control de recepción de materia prima.....	101
<b>Figura 31.</b> Descongelador de bloques de tentáculo congelado.....	102
<b>Figura 32.</b> Rompedora de bloques.....	102
<b>Figura 33.</b> Registro de control de descongelación.....	103
<b>Figura 34.</b> Tanques para la maceración de rejo o tentáculo de potón en inmersión.....	104
<b>Figura 35.</b> Pantalla automatismo tanques de maceración.....	104
<b>Figura 36.</b> Esquema de maceración por inmersión.....	105
<b>Figura 37.</b> Registro control de aditivos para potón cocido.....	106
<b>Figura 38.</b> Tanque pulmón cocedero.....	107
<b>Figura 39.</b> Cocedero para tentáculo de poton.....	108
<b>Figura 40.</b> Instrucciones de cocinado para los tentáculos de potón.....	108
<b>Figura 41.</b> Registro para el control sensorial del potón cocinado.....	109
<b>Figura 42.</b> Enfriador de los tentáculos del poton cocinados.....	110
<b>Figura 43.</b> Cinta de corte del tentáculo cocinado.....	111
<b>Figura 44.</b> Cortadora automática de rodaja.....	111
<b>Figura 45.</b> Recongelación de la rodaja de potón cocinada.....	112
<b>Figura 46.</b> Subproducto generado en la elaboración de rodaja de potón cocida congelada.....	112
<b>Figura 47.</b> Glaseador de rodaja.....	113
<b>Figura 48.</b> Registro de control de glaseado.....	114
<b>Figura 49</b> Zona envasado rodaja poton cocida congelada.....	115
<b>Figura 50.</b> Registro de control de peso.....	115
<b>Figura 51.</b> Registro control detector de metales.....	116
<b>Figura 52.</b> Registro control de etiquetado.....	116
<b>Figura 53.</b> Registro control de envasado.....	117
<b>Figura 54.</b> Control del producto final.....	117
<b>Figura 55.</b> Fichas de cata usadas en el análisis sensorial.....	123
<b>Figura 56.</b> Diagrama de flujos renovado del proceso de fabricación de la rodaja de potón cocinada congelada.....	127
<b>Figura 57.</b> Ubicación de la línea de potón en la planta elaboradora original (hasta 2018) de la empresa elaboradora.....	128
<b>Figura 58.</b> Ampliación de la línea original de tentáculo de potón con respecto al plano anterior.....	129
<b>Figura 59.</b> Esquema de la zona original de trabajo de tentáculo de potón.....	129
<b>Figura 60.</b> Ubicación de la línea de potón en la plata elaboradora remodelada (a partir del 2019) de la empresa colaboradora.....	130

---

<b>Figura 61.</b> Ampliación de la línea remodelada para la elaboración de tentáculo de potón.....	131
<b>Figura 62.</b> Esquema de la zona remodelada de elaboración de Potón.....	131
<b>Figura 63.</b> Inyectora Nowicki modelo MH-660 F/SAS.....	132
<b>Figura 64.</b> Disposición de los tanques de maceración (arriba) y de la nueva inyectora y el tanque pulmón de maceración (abajo).....	132
<b>Figura 65.</b> Pantalla para monitorizar el proceso de cocinado.....	133
<b>Figura 66.</b> Zona de envasado del producto final.....	133
<b>Figura 67.</b> Efecto del método de maceración sobre los valores medios de las mermas de peso (g/100g) del tentáculo de potón cocinado.....	137
<b>Figura 68.</b> Efecto del tiempo de cocinado (min) sobre los valores medios de las mermas de peso (g/100g) del tentáculo de potón cocinado.....	138
<b>Figura 69.</b> Efecto del tratamiento de maceración sobre las puntuaciones promedio de textura, sabor y olor del tentáculo de potón.....	139
<b>Figura 70.</b> Efecto del método de maceración sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en tentáculo de potón cocinado.....	141
<b>Figura 71.</b> Resultados de rendimiento del tentáculo de potón cocinado de tres orígenes diferentes.....	146
<b>Figura 72.</b> Cambios cromáticos (pardeamiento) de la piel del tentáculo de potón por la reutilización del caldo de cocinado.....	169
<b>Figura 73.</b> Cambios totales el color de la piel del tentáculo de potón por la reutilización del caldo de cocinado.....	169
<b>Figura 74.</b> Efecto de la mezcla de especias sobre la evaluación sensorial de olor y sabor del tentáculo de potón cocinado.....	173
<b>Figura 75.</b> Efecto del método de envasado aeróbico sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en rodaja de potón cocinado.....	191
<b>Figura 76.</b> Efecto del método de envasado anaeróbico sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en rodaja de potón cocinado durante su periodo de caducidad comercial.....	191

**Lista de Abreviaturas**

ANFACO-CECOPECA: Asociación Nacional de fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos

PNIPA: programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura

BEDCA: Base de Datos Española de Composición de Alimentos

USDA: Departamento de Agricultura de los EE.UU

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

Latinfoods: Congreso de Ciencia, Biotecnología y Seguridad de los Alimentos.

MINCETUR: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo

EAC: Envasado en atmósferas controladas

EAM: Envasado en atmósferas modificadas

PEBD: Polietileno de baja densidad

PEAD: Polietileno de alta densidad

DRI: Daily Recommended Intake

EAR: Estimated Average Requirement

RDA: Recommended Dietary Allowance

AI: Adequate Intake

UL: Tolerable Upper Intake Level

EFSA: Agencia Europea de Seguridad Alimentaria

EWI: Ingesta Semanal Estimada

THQ: Cociente de riesgo objetivo

FIR: Tasa de Ingestión de Alimentos

ED: Duración de la exposición

WAB: Peso corporal promedio

EF: Frecuencia de exposición

FIR: Tasa de ingestión de alimentos

C: Concentración de metales

USEPA: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos

GMS: Glutamato monosódico

PS: potenciador del sabor.

FAO: Organización de Alimentación y Agricultura

GRAS: Generalmente Reconocido como Seguro – Generally Recognized As Safe

OMS: Organización mundial de la salud

IDA: Ingesta diaria admisible

---

## 2. INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos son un alimento tradicional en la dieta española, siendo España el segundo mercado consumidor de estas especies a nivel mundial. Esta tradición ha tenido influencia en el desarrollo de la actividad pesquera de la flota española, que opera en diversos caladeros, consiguiendo ser una potencia productora, y, en consecuencia, ocupando un lugar destacado en el comercio internacional. Según los últimos datos disponibles, España ocupa el primer lugar en valor importado y el cuarto lugar en valor exportado (Informe cefalópodos abril 2014, mapa.gob.es).

La Región de Murcia cuenta con varias empresas dedicadas a la producción y comercialización de productos a base de cefalópodos, entre las que destacan N.C.S.A., Pescapisa, Euromar, Congelados Rosario, entre otras. El consumo de cefalópodos está aumentando rápidamente en los países desarrollados, dado su alto valor nutritivo, su abundancia y su bajo coste. Estas características hacen que se trate de una materia prima muy adecuada para la elaboración de productos derivados. Además, la tendencia creciente en las sociedades avanzadas a consumir alimentos preparados invita a buscar nuevas alternativas para la fabricación y venta de productos, como es el caso de la empresa interesada en esta investigación (la empresa colaboradora), donde hay un continuo deseo de estar a la vanguardia del mercado y las necesidades de los consumidores.

El calamar gigante o potón del pacífico (*Dosidicus Gigas*) procesado en España se importa mínimamente manipulado y congelado. El producto se recibe prácticamente limpio, sin vísceras ni pico y cortado en secciones diferenciadas, por lo que el flujo de procesado se reduce a la descongelación de la materia prima, la maceración y el cocinado posterior. También pueden aplicarse otros tratamientos como el corte del producto, el glaseado o el envasado. El rendimiento de las partes carnosas comestibles del cuerpo del calamar es excepcionalmente alto, siendo del 60% al 80% del peso total, dependiendo de la especie, el tamaño del espécimen y la madurez (Agrafioti & Katsanidis, 2012) Debido a que es un producto muy perecedero por sus altos niveles en aminoácidos libres y bases nitrogenadas volátiles, junto con la presencia de bacterias psicrotrofas (Sallam, 2007), las industrias introducen en el flujo de procesado una etapa de maceración, similar a la utilizada en el acondicionamiento de otras especies marinas.

La maceración tradicionalmente era una etapa que posibilitaba aumentar la conservación de los productos procedentes del mar. Es una técnica que consistía en introducir el pescado durante un tiempo prefijado en una disolución acuosa de un ácido orgánico, tal como el ácido acético, y de cloruro sódico. Esta etapa permitía retrasar el deterioro bacteriano y enzimático (Kilinc et al., 2007). Sin embargo, actualmente estos objetivos han pasado a un segundo plano, puesto que las tecnologías de conservación han evolucionado y el consumidor es más exigente en cuanto a calidad nutritiva y sensorial, teniendo este tratamiento como principal objetivo modificar las propiedades texturales y estructurales del producto, en concreto, ablandar el músculo e incrementar

---

su jugosidad (Duyar & Eke 2009). Esto ha supuesto también un cambio de los aditivos utilizados para macerar. Actualmente, se utilizan una gran variedad de aditivos entre los que destacan fosfatos y citratos para conseguir una mayor “apertura” de la estructura muscular, facilitando la entrada de agua y la salida de amoníaco, ácidos y otros compuestos indeseables. Hoy en día, la maceración persigue sobre todo reducir el olor amoniacal y aumentar la jugosidad y ternura del tejido muscular, junto con el aumento del rendimiento del proceso, para lo que es preciso mejorar la capacidad de retención de agua (Sheard & Tali, 2004).

Por su parte, el cocinado determina en gran medida la calidad del producto de calamar listo para ser consumido. El cocinado provoca numerosos cambios en las propiedades funcionales de las proteínas musculares, lo que se traduce en grandes cambios de textura. La coagulación de las proteínas induce también la deshidratación parcial del producto, que resulta más elástico y duro. A pesar de ser una etapa de gran interés para la calidad, existen muy pocos estudios científicos que estudien el comportamiento del músculo del calamar frente al calor, y, en concreto, del músculo de potón. Las teorías más afianzadas establecen que el tratamiento debe realizarse o bien a elevadas temperaturas (superiores a 100 °C) durante tiempos inferiores a los 3 minutos o a muy bajas temperaturas durante tiempos prolongados (por ejemplo, 98 °C, 30 minutos) (Raman & Mathew, 2015). La calidad del tejido muscular no solo se ve influida por la pérdida de agua, sino también por la pérdida de las proteínas por lixiviación, ya que, si bien la pérdida de agua debería producir un aumento de la concentración de proteínas del producto, la realidad es que durante los primeros minutos de cocción pueden llegar a perderse hasta un 25% del total (Kreuzer, 1984). Además, los tratamientos culinarios (cocción y fritura) pueden provocar otros cambios en el valor nutricional del calamar (Ersoy & Özeren, 2009).

La presente **tesis doctoral** se enmarca dentro un proyecto de colaboración con una industria elaboradora de productos transformados congelados a base de cefalópodos. La propuesta de investigación pasa por identificar los principales retos que presenta la fabricación industrial de este producto. Dichos retos pueden implicar a materias primas, aditivos, procesos, instalaciones o métodos de control de calidad. Por ejemplo, la presencia de metales pesados y otros minerales debido a la contaminación marina podría ser un hándicap para el consumo de este tipo de productos. El olor amoniacal, la dureza excesiva y el sabor amargo que en ocasiones presenta el calamar podrían ser otros problemas para su calidad. La idea original del trabajo fue, partiendo de la experiencia profesional, intentar optimizar la tecnología empleada, y, en caso necesario, implementar ajustes tecnológicos que permitan obtener productos transformados de alto rendimiento con mejores propiedades sensoriales y nutricionales.

El trabajo consistirá en actuar sobre el proceso de fabricación del potón cocinado y evaluar su calidad. El futuro de la industria de productos transformados de la pesca pasa por implementar actividades de I+D+i en las empresas. Estas actividades pueden ser consideradas como la única vía para la obtención de productos de calidad diferenciada y líneas de producción eficientes que aseguren la rentabilidad y con ello la prosperidad y evolución de dichas empresas.

---

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Producción española de productos transformados de pescado y marisco

El sector de productos transformados de la pesca está muy condicionado por la evolución de la pesca, que depende de cada temporada, de la situación de los recursos marinos y de las diversas normas restrictivas de la actividad pesquera. Este hecho ha sido la causa de que algunas empresas, primero las congeladoras y luego las mayores conserveras, se hayan instalado en países terceros con buenos caladeros, donde cuentan con filiales industriales y empresas pesqueras.

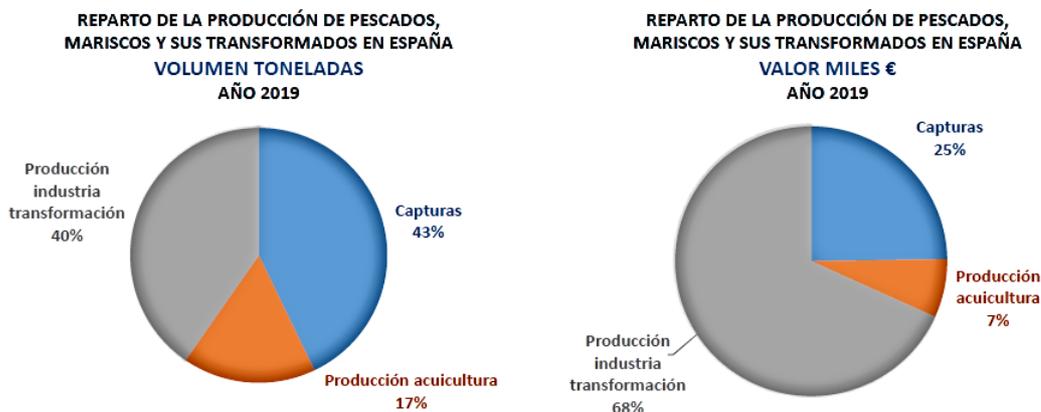
El volumen de la producción española de productos transformados de la pesca (**figura 1**) se basa sobre todo en la captura mediante pesca extractiva (43%) y la transformación industrial (40%), siendo menos relevante la producción mediante acuicultura (17%). Tomando como referencia el valor económico, se puede destacar el apartado de transformación en industria, con un porcentaje del 68%, mientras que la parte de capturas y de producción acuícola representan el 25% y el 7% respectivamente.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en España se elaboraron un total de 825.543 toneladas de productos transformados de pescado y marisco en 2019 (**tabla 1**). Por tipo de productos, el sector de los pescados en conserva o preparados es el que mayor peso tuvo sobre el total de la producción española de productos transformados de la pesca, representando un 44.9%, seguido de pescado congelado (20%) y de los moluscos congelados (13%) (**figura 2**).

En concreto, la producción mundial de cefalópodos ha experimentado en las últimas décadas un enorme crecimiento (un 416% en el volumen de descargas desde 1961). Especies como el pulpo, el calamar o la sepia son algunas de las más reconocidas de una clase de invertebrados marinos que representan el 2,5% de la producción mundial de alimentos procedentes del mar. España, junto a China y Japón lideran este comercio mundial.

Los cefalópodos son un producto con una alta demanda en el mercado español, donde hay una gran tradición de consumo de productos del mar, los cuales son utilizados para la elaboración de diferentes platos. Los cefalópodos son un alimento tradicional en la dieta española, siendo España el segundo mercado consumidor de estas especies a nivel mundial. Esta tradición ha tenido influencia en el desarrollo de la actividad pesquera de la flota española, que opera en diversos caladeros, consiguiendo ser una potencia productora, y en consecuencia ocupando un lugar destacado en el comercio internacional. Dentro de este grupo, los más conocidos son el calamar y el pulpo. El potón es muy conocido en el sector profesional como importadores, distribuidores y mayoristas, pero no tanto entre el consumidor final.

**Figura 1.** Producción española de pescados, mariscos y sus transformados.



Fuente: ANFACO-CECOPESCA (Asociación Nacional de fabricantes de Conservas de Pescados y Mariscos) a partir de los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

**Tabla 1.** Producción española de pescados, mariscos y sus transformados.

Capturas	Producción acuicultura	Producción industria de transformación
• 877.212 toneladas	• 342.867 toneladas	• 825.543 toneladas
• 1.767.392 miles €	• 501.000 miles €	• 4.869.429 miles €

Fuente: ANFACO-CECOPESCA Ministerio de agricultura, Pesca y alimentación. Último año disponible 2019.

**Figura 2.** Producción española de los diferentes tipos de transformados de pescado y marisco. Volumen toneladas. Año 2019.



Fuente: ANFACO-CECOPESCA y Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación. 2019.

En cuanto a la producción procedente de la pesca marítima realizada por la flota española, a continuación se detallan las capturas de en fresco o congelado y otros rescatando datos desde 2010 a 2013 (**tabla 2**).

**Tabla 2.** Producción total española de cefalópodos (fresco, congelado y otros).

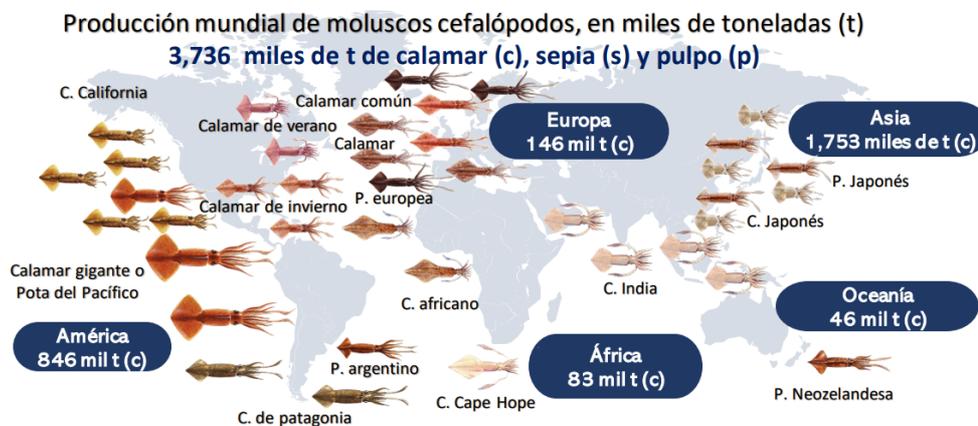
PRODUCTO CALAMAR, JIBIAS, PULPO	2010		2011		2012		2013	
	Volumen (t)	Valor (miles EUR)						
Fresco	34 035	111 920	31 813	128 241	27 486	114 874	25 594	79 634
Congelado	8 128	28 357	15 021	55 524	26 298	110 300	34 054	99 315

Fuente: ESTACOM (Servicio de Estadísticas Españolas) y SIICEX (Sistema Integral de Información de Comercio Exterior).

En el período analizado, las capturas en fresco han mostrado una tendencia decreciente en cuanto a volumen, siendo el pico más alto en el año 2010 y el más en el año 2013, con 34 035 toneladas y 25 594 toneladas respectivamente, lo que resulta en un decrecimiento acumulado de 25%. En cuanto a la producción en congelado, la tendencia ha sido contraria a la producción en fresco y se aprecia una tendencia creciente con un incremento en volumen de 318% en el año 2013, respecto a la producción en el año 2010.

En general, la flota pesquera nacional solo aporta una pequeña parte del calamar, pota y jibia que se consume y procesa en España, el cual procede de países ricos en bancos de pesca como, por ejemplo, Perú, siendo España uno de los países importadores más importantes (**figura 3**).

**Figura 3.** Producción mundial de cefalópodos en 2022.



---

### 3.2 Cadena de producción de los productos transformados de la pesca

La cadena de producción de los productos transformados de pesca comienza en la fase de obtención de materias primas mediante pesca convencional o acuicultura y termina con los productos a disposición de los consumidores en los lineales de distribución o en los canales HORECA. En esta cadena confluyen varios tipos de transformación que confieren características específicas al conjunto de la cadena. Las principales transformaciones son los tratamientos tecnológicos empleados para obtener productos congelados, en conserva, salazones, ahumados y platos preparados a base de pescado fresco para alargar su duración y poder situarla en el lineal. Este tipo de cadena de producción puede observarse en la **figura 4**.

La industria conservera puede compartir la primera fase de la cadena con las salazones y con el fresco cuando se abastecen de pescado fresco, incluso recurriendo a mayoristas en origen o a compras directas a los armadores. Sin embargo, existe un importante segmento de la industria que se abastece de productos congelados y otra que dispone de buques propios.

La extracción para congelado está obligatoriamente ligada a la primera transformación en los buques factoría, aunque su manipulación es posterior. Todo esto condiciona cada una de las cadenas de producción y determina las conexiones existentes entre ellas.

#### 3.2.1 Acuicultura

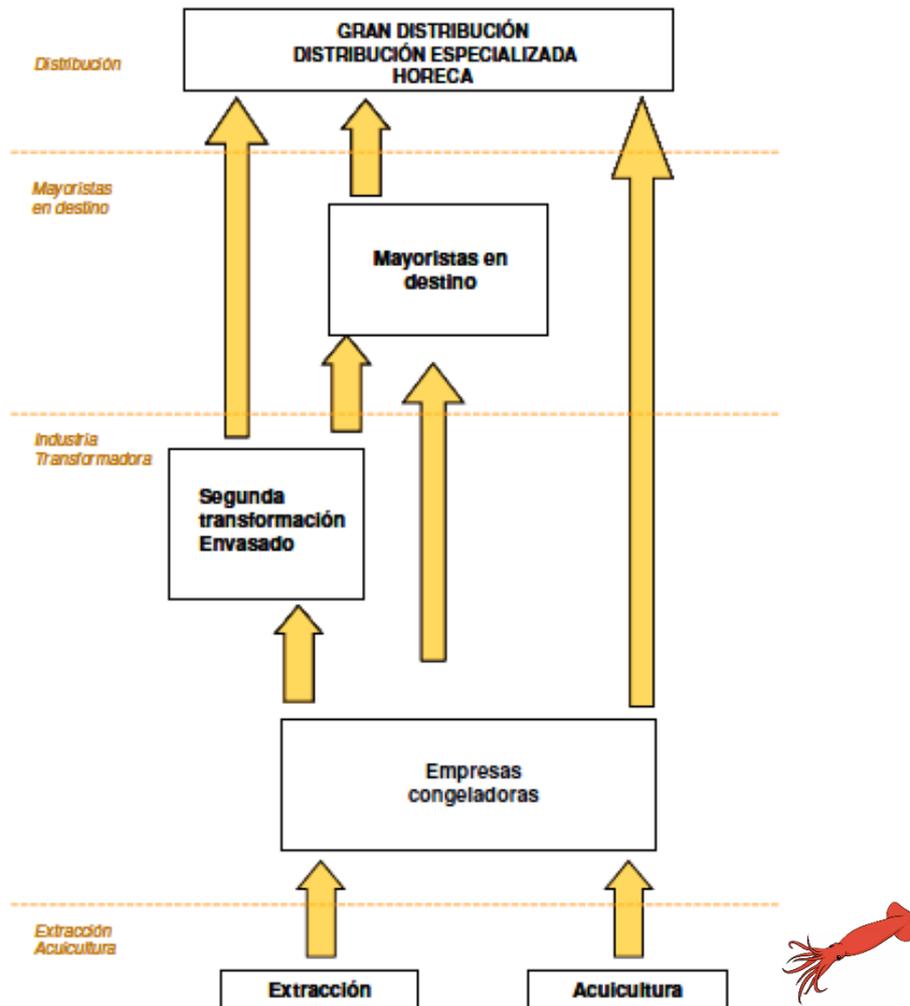
La primera fase de la cadena de producción de algunos cefalópodos puede ser la acuicultura. Se trata de una actividad que consiste en el cultivo y la producción de organismos acuáticos de agua dulce o salada en zonas de explotación controladas.

Las primeras experiencias con pulpo *Octopus vulgaris* Cuvier 1797 se llevaron a cabo en las islas Canarias. El engorde se realizó durante 57 días en una jaula flotante de malla galvanizada, dividida verticalmente en dos mitades utilizando como único alimento peces de bajo valor comercial, como la boga *Boops boops* (L., 1758) (Socorro et al., 2005). Canarias presenta unas condiciones idóneas para el engorde del pulpo, con una temperatura óptima del cultivo establecida por Aguado & García (2002) entre 16 y 21 ° C. Por todo ello, se pretende, por un lado, introducir el cultivo de esta especie en Canarias y, por otro, ensayar la viabilidad de los productos de descartes del cultivo en jaulas de peces marinos, en particular la boga, como único alimento en el engorde de pulpo.

En Galicia, el engorde de pulpo en jaulas se realiza alimentando a ejemplares de 750 g con restos de crustáceos procedentes de descartes de las pesquerías con valor comercial muy bajo. El engorde se realiza durante un periodo de tres o cuatro meses, hasta alcanzar la talla comercial de 2,5-3 kg, con una mortalidad registrada muy variable: 15 % (Iglesias et al., 2000) o 16-52 % (Tuñón et al., 2001). El engorde de pulpos salvajes en jaulas

flotantes ha dado resultados prometedores (Socorro et al., 2005; Rodríguez et al., 2006) y es una actividad en desarrollo a nivel industrial en Galicia.

**Figura 4.** Procesado industrial de los productos transformados de la pesca congelados.



### 3.2.2 Pesca extractiva

Los cefalópodos se obtienen principalmente por extracción en mar abierto. La actividad pesquera marina se agrupa en dos grandes grupos: la pesca de altura y la de bajura y litoral. Estas dos actividades dan lugar a la existencia de tipos de empresa diferentes:

La flota de gran altura opera en caladeros alejados (Groenlandia, Bering, Malvinas, Indico, Malasia) en mareas largas (3-6 meses) y cuentan con grandes buques factorías en los que se eviscera y congela. El mismo empresario realiza la captura y la primera transformación. Esta flota cuenta con un nivel tecnológico elevado. Las sociedades armadoras tienen varios buques y almacenes frigoríficos en tierra. A veces desarrollan las tareas posteriores de la cadena de producción en un sistema de integración vertical

---

muy desarrollado. En esta categoría se encuentran las principales empresas españolas del sector. La flota congeladora española representa el 90% de la flota congeladora europea.

La flota de altura opera en caladeros más cercanos (Sur de Marruecos, Mauritania, Senegal, Golfo de Guinea, Namibia, Norte del Golfo de Vizcaya, Gran Sol - Box Irlandés). Son barcos menores y menos dotados tecnológicamente. Operan con producto fresco en mareas cortas de hasta 10 días o con congelado en el caso de los mayores buques. En ocasiones las empresas cuentan también con buques de gran altura.

La flota de bajura opera en los caladeros más próximos. Las empresas suelen ser familiares y con frecuencia el armador es a la vez patrón. Opera siempre con productos frescos. Utiliza artes de arrastre además de cerco, palangre, trasmallo o volantas.

La flota de litoral opera en las costas en mareas muy cortas. Se trata de barcos pequeños que suelen utilizar técnicas artesanales. Esta flota reúne desde los barcos dedicados a la costera del bonito en el Norte que son de hasta 15 metros, modernos y bien dotados tecnológicamente, a los más pequeños de 4-5 metros que se dedican al pulpo como en Mauritania. Aquí se ubican artes tradicionales como las nasas y trampas.

Las empresas congeladoras son de grandes dimensiones y casi todas ellas tienen verticalizada la extracción y disponen de importantes flotas pesqueras. Otro rasgo importante de estas empresas es la verticalización hacia las fases finales: mayorista, envasado, platos preparados e incluso tiendas y restaurantes. Se puede reflejar que uno de los problemas de esta industria es la dependencia de pocos productos que constituyen el mayor volumen de su producción: merluza, calamares, langostinos y gambas. Esta dependencia las hace débiles ante problemas en el suministro o cambios en el consumo.

### 3.3 Empresas españolas comercializadoras de productos de la pesca

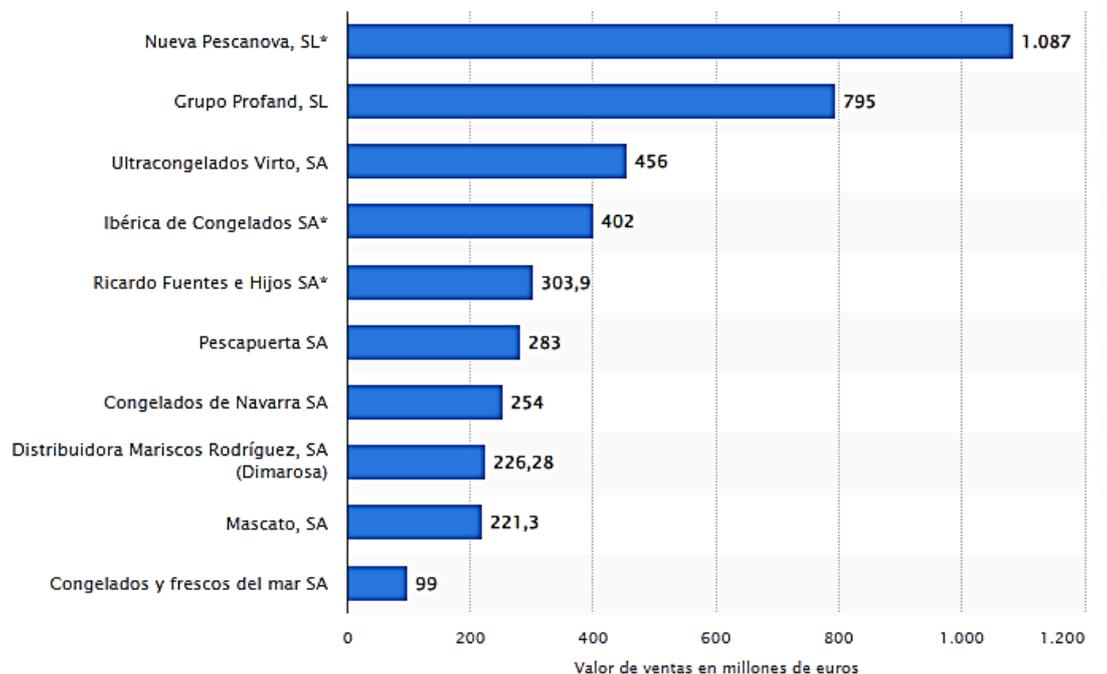
La posición en el sector de las empresas comercializadoras de productos de la pesca viene reflejada en el ranking sectorial de empresas de la base de datos de INFORMA D&B S.A.U. (S.M.E.) con N° CNAE (Código Nacional de Actividades Económicas): (4638) Comercio al por mayor de pescados y mariscos y otros productos alimenticios (**tabla 3**). Nueva Pescanova SL lideró la clasificación de empresas españolas dedicadas a la industria del pescado congelado en 2021 al facturar aproximadamente 1087 millones de euros durante dicho año. Grupo Profand y Ultracongeladores Virto se situaron en segundo y tercer lugar, respectivamente. Una de las grandes novedades en el volumen de producción del año 2021 es el ascenso a la segunda posición del grupo Importaco Casa Pons, así como la subida al puesto número 14 de la casa Moyseafod. Sin embargo, sorprende la caída de empresas como Mascato y Noriberica, las cuales han contado con posiciones más prestigiosas en años anteriores.

**Tabla 3.** Ranking sectorial de empresas de comercio al por mayor de pescados, mariscos y otros productos alimenticios (año 2021) según CNAE (Clasificación Nacional de Actividades Económicas).

Posición	Empresa	Facturación	Provincia
1	Pescanova España SL	671.137.000	Pontevedra
2	Importaco Casa Pons SAU	404.588.502	Valencia
3	Catering de demostración SRL	400.142.013	Madrid
4	Grupo Profand SL	309.939.915	Pontevedra
5	Profand Zaragoza Sociedad Limitada	250.902.987	Zaragoza
6	Distribuidora de mariscos Rodriguez SA	227.286.957	Huelva
8	Worldwide Fishing Company SL	216.211.702	Pontevedra
9	Atunes y Lomos	194.247.474	Pontevedra
10	Mascato	162.698.858	Pontevedra
14	Moyseafod	145.094.460	Cádiz
16	Calvo Distribución Alimentaria SL	138.153.000	Coruña
18	Fandicosta	121.632.680	Pontevedra
20	Congelados y frescos del mar	119.423.860	Madrid
24	Frigoríficos Ferrer	102.086.449	Barcelona
26	Frioantartic	97.633.430	Pontevedra
32	Petaca Chico	80.917.495	Cádiz
39	Interatlantic	75.386.414	Pontevedra
52	New Concisa S.L.	58.215.175	Murcia
54	Congelados Noriberica	54.849.312	Pontevedra
82	Congelados Apolo S.L.	35.792.858	Granada
102	Pescados José SL		Murcia
382	Congelados Euromar SL		Murcia
35.408	Pescapisa SL		Murcia

El valor de ventas de las principales empresas españolas de la industria del pescado congelado se recoge en la **figura 5**.

**Figura 5.** Valor de las ventas de las principales empresas españolas de la industria de pescado congelado en 2021 (Abigail orús, 2023) Statista 2023 (en millones de euros).



### 3.4. Descripción de la empresa colaboradora

La empresa colaboradora es un grupo empresarial con sede central en Murcia (**Figura 6**) y cuenta con delegaciones en EE.UU. y Chile. La empresa lleva más de 3 décadas dedicada a la elaboración de productos del mar y cuenta con una plantilla de 150 empleados, repartidos en diferentes departamentos. La facturación en 2021 ha sido de 80.000.000 €, cifra que ha aumentado con respecto a años anteriores, con un volumen comercializado de 9.200 toneladas.

**Figura 6.** Instalaciones de la planta elaboradora de la empresa colaboradora.



Los productos elaborados por la empresa colaboradora son en su mayoría cefalópodos congelados, donde el grueso de su producción se centra en sepia, pulpo, potón del Pacífico y calamar. Pescados, crustáceos y preparados ocupan un volumen casi insignificante en el volumen productivo. Los productos se reciben congelados procedentes de proveedores homologados de otros países como son Marruecos, Mauritania, Chile y Perú entre otros. El formato final de venta de estos productos también es congelado, exportándose a países de toda Europa y EEUU principalmente.

La empresa cuenta con un sistema organizativo formado por varios departamentos coordinados por Gerencia. Se trabaja bajo estándares de calidad, entre los que se incluyen ISO 9001, ISO 14001 e IFS. La empresa colaboradora ha sido galardonada con el sello CEPYME 500, que otorga la Confederación Española de la Pequeña y Mediana Empresa. Las empresas pertenecientes a este selecto club deben cumplir requisitos como ser sociedades anónimas o limitadas, contar con cuatro años de antigüedad y componerse de accionariado español. Por otra parte, las cifras de ventas deben situarse en los 10 y 200 millones de euros y haber registrado una tasa de crecimiento anual compuesto superior al 15% durante tres ejercicios.

En el periodo anterior a 2016, la empresa hacía ventas a nivel nacional y esporádicamente exportaba mercancía a clientes de países vecinos como Italia y Portugal. Las importaciones tal como se realizan en la actualidad, recibiendo contenedores completos de países de África o Centro-América no existían, la empresa se limitaba a realizar compras nacionales a proveedores conocidos. La renovación y mejora de las instalaciones junto con la implementación de varios estándares de calidad ha hecho posible crear un gran elenco de clientes en toda Europa y Estados Unidos. También se ha ampliado los contactos y proveedores a los que se realizan compras de forma segura.

Para realizar a cabo su actividad, la empresa colaboradora dispone de los siguientes Registros Sanitarios Industriales: Clave 12, Clave 26 y Clave 40.

El primer registro sanitario Clave 12 corresponde a:

- Importación - Productos de la pesca congelados.

- 
- Actividades específicas - Establecimiento de descongelación de productos de la pesca.
  - Actividades específicas – Cocedero de congelación de productos de la pesca.
  - Actividades específicas - Establecimiento de congelación de productos de la pesca.
  - Fabricación, elaboración o transformación de productos de la pesca congelados.

El segundo registro, Clave 26 corresponde a:

- Fabricación, elaboración o transformación – Comidas preparadas.
- Fabricación, elaboración o transformación – Productos transformados a base de pescado.

El tercer registro, Clave 40 corresponde a:

- Importación - Polivalente.
- Almacenamiento - En congelación de productos de origen animal.

La empresa colaboradora dispone de las siguientes instalaciones:

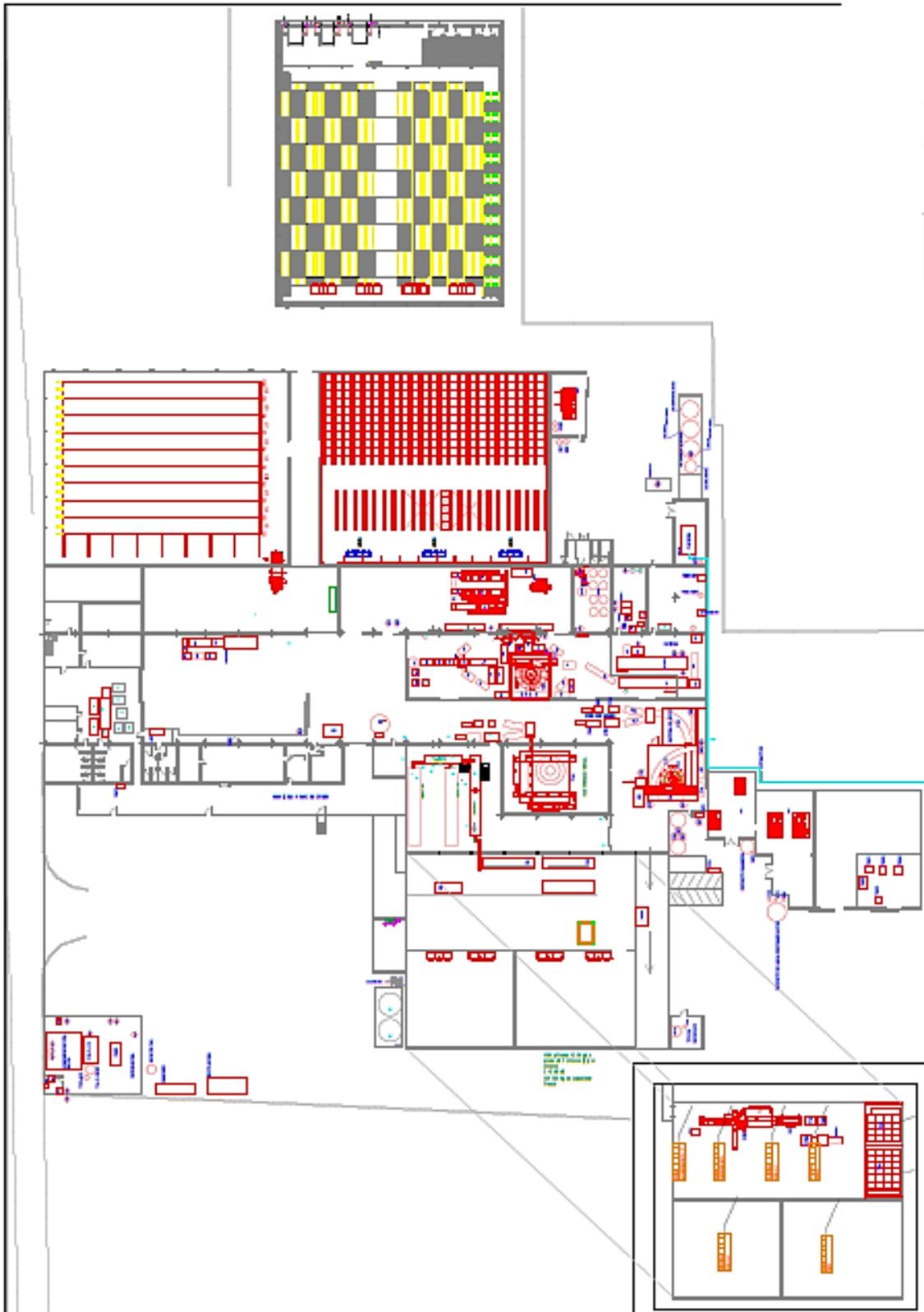
- Zona de oficinas centrales
- Muelles de carga y descarga. Las instalaciones cuentan con 5 muelles
- Zona de producción
- Cámaras de congelación
- Cámaras de refrigeración

Otras zonas:

- Oficina
- Zona de acceso personal
- Cuarto Sandach
- Almacén de material auxiliar

La propuesta de desarrollo de nuevos productos se estructura en un Plan de Negocios que incluye los planes estratégicos, de marketing, de operaciones y de actividades de apoyo. También incluye el análisis económico de la inversión requerida. Se ha elaborado un plano en el que se reflejan las diferentes zonas de riesgo de producción (**figura 7**).

Figura 7. Plano general de las instalaciones de la empresa colaboradora.



### 3.5. Comercialización de cefalópodos y similares

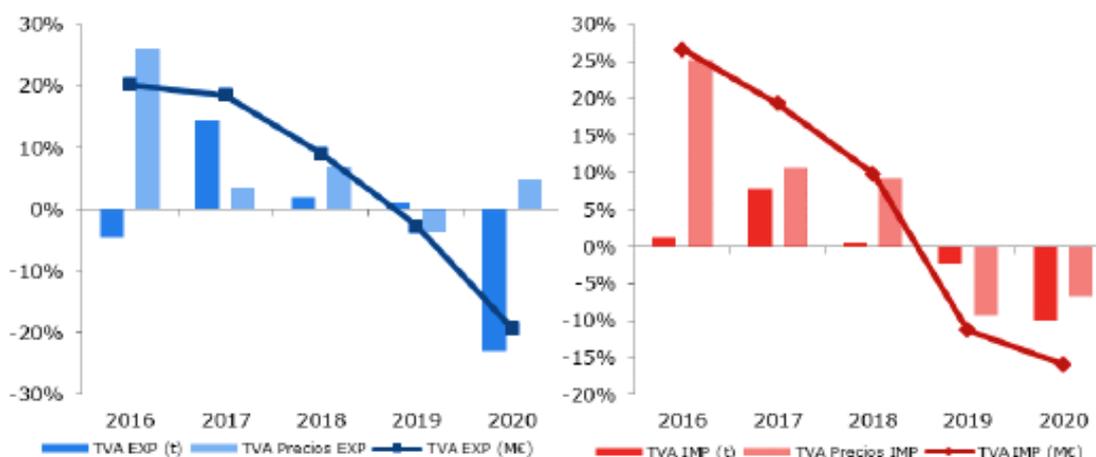
España es un país marcadamente importador de moluscos, que incluye los organismos vivos, frescos, congelados, cocinados, salados o desconchados, siendo un subsector netamente importador. Según el informe anual de comercio exterior agroalimentario y pesquero 2020 del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (publicado septiembre 2021), el valor de las exportaciones de moluscos fue creciendo desde 2015 hasta 2018, sin embargo, hubo un cambio de tendencia en 2019 que continuó en 2020, alcanzando un valor de 719 M€. Por su parte, las importaciones mostraron una evolución parecida, descendiendo a partir del año 2019 y alcanzado 1481 M€ en 2020 (**tabla 4** y **figura 8**).

El saldo comercial siempre ha sido claramente deficitario y con tendencia decreciente. No obstante, en 2020, se produjo una ligera mejora con respecto a 2019, situándose en -762 M€. Esta caída del saldo comercial fue debida, tanto al descenso del volumen, como a la bajada de los precios medios. El precio medio de exportación se situó en 2,52 €/kg y el de importación en 2,78 €/kg.

**Tabla 4.** Evolución del comercio exterior moluscos años 2016 a 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020	Var. 20/19
EXP (M€)	707,58	838,55	914,29	890,05	719,11	-19,2%
IMP (M€)	1.514,14	1.806,89	1.985,32	1.761,48	1.481,47	-15,9%
Saldo	-806,55	-968,34	-1.071,03	-871,43	-762,36	12,5%
EXP (t)	188.442	215.649	219.767	222.259	171.190	-23,0%
IMP (t)	377.288	406.803	409.205	400.236	360.552	-9,9%
Precios EXP	3,75	3,89	4,16	4,00	4,20	4,9%
Precios IMP	4,01	4,44	4,85	4,40	4,11	-6,6%

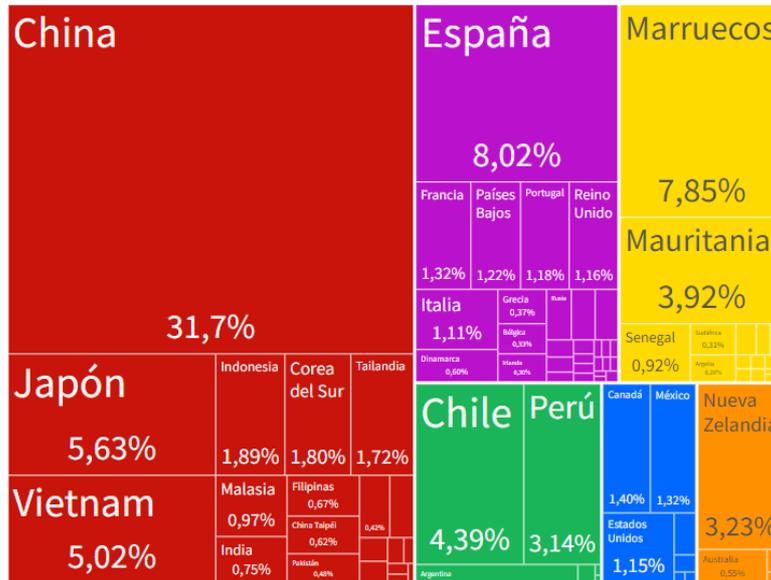
**Figura 8.** Exportaciones e importaciones de moluscos años 2016 a 2020.



Fuente: Ministerio de agricultura, Pesca y Alimentación. ANFACO-CECOPESCA.

Ya en el año 2021, aparece un cambio de tendencia, donde los principales exportadores de moluscos y mariscos, preparados o conservados fueron China (2,82MM), España (713M), Marruecos (698M), Japón (501M), y Vietnam (446M) (**figura 9**).

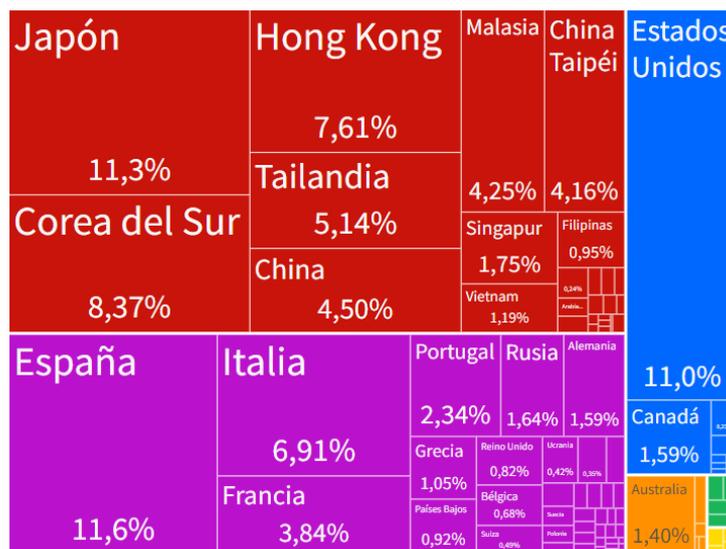
**Figura 9.** Principales países exportadores de moluscos en 2021.



Fuente: oec.world/es/Profile/hs/molluscs and shellfish.

En 2021, los principales importadores de Moluscos y mariscos, preparados o conservados fueron España (1,03MM), Japón (1MM), Estados Unidos (979M), Corea del Sur (744M), y Hong Kong (677M)2019 (**figura 10**).

**Figura 10.** Principales países importadores de moluscos en 2021.



Fuente: oec.world/es/Profile/hs/molluscs and shellfish.

---

### 3.6. Consumo de cefalópodos y derivados

Los cefalópodos son un alimento tradicional en la dieta española, siendo España el segundo mercado consumidor de estas especies a nivel mundial. Esta tradición ha tenido influencia en el desarrollo de la actividad pesquera de la flota española, que opera en diversos caladeros, consiguiendo ser una potencia productora, y en consecuencia ocupando un lugar destacado en el comercio internacional. El consumo de pescado y marisco, al igual que la industria que los procesan, tiene un fuerte peso en el mercado español. En particular, el potón o calamar gigante del Pacífico (*Dosidicus gigas*) ya tiene un mercado importante porque está reemplazando al calamar común (*Loligo vulgaris*) e incluso, los tentáculos del potón, al tener un tamaño considerable, se utilizan para elaborar productos análogos a las patas de pulpo, por lo que se presenta como un producto con un alto rendimiento. Todo esto viene favorecido por la tradición existente en España de consumir calamar y pulpo en diferentes platos y formas.

El abastecimiento y la producción nacional de calamar común (*Loligo vulgaris*) y pulpo común (*Octopus vulgaris*) es insuficiente para abastecer el mercado y por ello se recurre a la importación de cefalópodos de otras zonas geográficas. El potón, es un cefalópodo muy demandado en el mercado internacional que habita principalmente en los litorales marítimos de México, Costa Rica, Chile y Perú. Compite directamente con el calamar *Illex* de Argentina (*Illex argentinus*) porque también ofrece características morfológicas, sensoriales y nutricionales muy similares al resto de calamares.

El potón es importado para la transformación en plantas elaboradoras y se recibe generalmente limpio y morfológicamente separado en filetes, alas y tentáculos o en diversos formatos, como tubos, tiras o dados. Estas partes comestibles son comercializadas y consumidas en presentaciones frescas, en salmuera y cocinadas. El producto listo para la venta al consumidor final lo encontramos en los formatos de bolsas con un contenido de 400 a 1000 g, conteniendo anilla de pota, tubo de pota, dados de pota y tiras de potón congeladas. La aceptación de la carne de potón por parte de los consumidores está más relacionada con su textura que con su sabor o color, por lo que, el establecimiento de mejores condiciones de cocinado se ha vuelto esencial (Torres-Arreola et al., 2017).

El potón es importado como producto semielaborado o materia prima intermedia, lo que determina que los precios de venta sean más bajos. No obstante, cuando ya se trata de productos elaborados o transformados (anilla cruda, filete seco, tiras o dados crudos, tentáculo precocido) se produce un aumento del coste en elaboración y por tanto el aumento del precio final. Estos productos incorporan un mayor grado de procesado con respecto a otros derivados, pudiendo obtener así una mayor aceptación en los mercados de destino.

Según Chapilliquèn (2020), la mayor parte de las exportaciones de productos a base de potón para consumo humano corresponde a la gama de congelados. Actualmente esta

gama cuenta con un mercado importante, utilizándose en algunos casos como sustituto de calamar y pulpo.

La sociedad muestra cada vez más interés por los efectos que pueden ejercer los alimentos sobre la salud (Román, 2003), hay una mayor preocupación por la dieta y se buscan productos de alta calidad, sanos y naturales. Los productos del mar tienen un indudable peso en la dieta mediterránea. El consumidor actual reclama productos que presenten una composición nutricional saludable y que, además, presenten otras cualidades tipo “bio”, ecológicos y/o procedentes de pesca sostenible. Las empresas elaboradoras conocen esta demanda del mercado, lo que obliga a relacionarse con proveedores especializados, suponiendo en la mayoría de los casos un aumento de los costes.

En los últimos años, los platos preparados están adquiriendo gran importancia debido al ritmo de vida actual y a la mejora en los procesos culinarios industriales. El consumidor demanda alimentos cada vez más fáciles de preparar “ready-to-eat”. Ya en el año 2013, el consumo de alimentos frescos en los hogares era inferior al 50% (48%) del total consumido y el gasto en alimentación extra- doméstica se situaba en el 32% del gasto total en alimentación (Román, 2003). Las comidas precocinadas y con valor de producto sano (como ensaladas, o productos precocinados con bajo valor calórico) están ganando peso en el consumo diario y se manifiesta también en las propuestas del menú del día “bajo en calorías” que se encuentra a menudo en la oferta diaria de la restauración española.

Los productos preparados congelados, listos para consumir, incluyendo a los productos a base de calamar, tienen una enorme aceptación y se espera que su consumo aumente en los próximos años. Según estudios de mercado, los productos congelados son los que tienen mayor demanda, seguidos por los productos frescos y, finalmente, los enlatados. La preferencia por los congelados se debe a cambios en la estructura familiar y a la tendencia de menos tiempo disponible para cocinar.

Desde hace unas décadas podemos encontrar en los lineales de los supermercados productos como preparados de paella (en los que ya se incluye potón en lugar de calamar), o las anillas o tiras de potón rebozados o a la romana. Hoy en día, el surtido de estos productos en el supermercado es mucho más amplio, encontrando una gran gama de productos refrigerados y congelados. Es por ello que la gran mayoría de empresas de alimentación han invertido en la creación de áreas de I+D+i para la creación y desarrollo de productos que se acerquen a las demandas del consumidor.

La **figura 11** recoge datos de los productos obtenidos a nivel nacional por las industrias de procesado de productos de la pesca. Nos ofrece información del valor y la cantidad de pescados, crustáceos y moluscos elaborados y en conserva. Señalado en el cuadrado en rojo se encuentran los moluscos congelados.

Figura 11. Elaboración y conservación de pescado y productos a base de pescado.

Denominación	2020			2021		
	Unidad	Cantidad	Valor (Miles de euros)	Unidad	Cantidad	Valor (Miles de euros)
<b>Pescado fresco o refrigerado</b>						
Filetes y demás carne de pescado (incluso picados) incluidas aletas de tiburón	kg	18.120.163	150.146	kg	64.917.197	450.223
Hígados y huevas	kg	s.e.	s.e.	kg	191.167	2.268
<b>Pescado congelado</b>						
De agua salada (excepto filetes y otros preparados, picado, etc.)						
Merluza y pescadilla	t	9.756	33.524	t	11.305	40.555
Sardina	t	5.823	8.942	t	8.565	12.178
Bonito y albacora	t	330	823	t	293	907
Atún	t	14.824	63.043	t	18.309	93.258
Otros	t	84.131	192.585	t	79.555	202.778
De agua dulce excepto filetes y otros preparados (picado, etc.)	t	s.e.	s.e.	t	754	3.737
Filetes	t	41.997	228.342	t	52.322	302.314
Otras preparaciones (picado, etc.)	t	9.650	32.129	t	4.805	26.187
Surimi crudo	t	15.135	72.839	t	10.835	70.921
Hígados y huevas	kg	42.269	247	kg	35.568	246
<b>Pescado seco, salado, en salmuera y ahumado</b>						
Filetes desecados en salazón o salmuera (excepto filetes ahumados)	kg	2.683.469	20.759	kg	2.440.457	19.387
Hígados, huevas, lechas (secos, ahumados, salados) y harina, polvo y pellets aptos para consumo humano	kg	353.863	15.352	kg	325.738	13.178
Desecado o en salazón pero sin ahumar (excepto filetes)						
Bacalao	t	8.794	68.752	t	7.629	67.521
Sardina	t	965	2.963	t	616	2.660
Anchoa	t	1.416	12.645	t	2.418	18.322
Atún y bonito	t	1.523	17.388	t	2.377	28.422
Otros	t	653	12.315	t	1.187	21.277
Ahumado, incluido filetes (excepto cabezas, colas y vejigas natatorias)						
Salmon	t	13.986	259.353	t	14.051	262.398
Arenques	t	14	174	t	47	674
Trucha ahumada	t	119	2.538	t	122	2.559
Otros	t	914	18.319	t	1.187	23.732
<b>Preparado o en conserva (excepto en platos preparados)</b>						
Enteros o en trozos (excepto picado)						
Conservas y preparados de salmón	t	342	5.854	t	687	6.046
Conservas y preparados de arenques	t	0	0	t	0	0
Conservas y preparados de sardina, parrocha y similares						
En vinagre o escabeche	t	851	4.439	t	684	4.092
Otras conservas	t	16.455	91.357	t	15.281	84.747
Conservas y preparados de atún, bonito o similares						
En vinagre o en escabeche	t	7.234	49.719	t	5.887	45.410
Otras conservas	t	369.782	1.925.840	t	328.054	1.741.985
Conservas y preparados de caballa						
En vinagre o escabeche	t	899	3.719	t	850	3.226
Otras conservas	t	5.239	32.606	t	4.896	31.969
Conservas y preparados de anchoa o boquerón						
En vinagre o escabeche	t	2.330	25.865	t	3.588	38.411
Otras conservas	t	7.667	113.204	t	9.147	134.733
De otras especies						
Filetes rebozados o empanados incluso precocinados, congelados	kg	14.485.519	48.929	kg	15.149.660	57.821
Otras conservas y preparados	kg	18.150.564	63.681	kg	20.064.856	68.530
Los demás preparados o conservas, en picado (croquetas, patés, etc.)	kg	12.896.546	43.410	kg	28.518.217	96.814
Caviar	kg	6.648	681	kg	19.329	928
Sucedáneos de caviar	kg	168.875	4.930	kg	196.803	5.796
<b>Crustáceos congelados (incluso cocidos pero sin pelar)</b>						
Langosta y langostino	t	28.474	182.312	t	41.501	287.910
Gamba	t	5.591	43.617	t	7.665	60.524
<b>Moluscos y demás invertebrados acuáticos congelados (incluso secos o en salmuera)</b>						
Vieira y mejillón	t	11.413	39.405	t	20.812	82.250
Jibia, pota y choco	t	38.472	167.397	t	47.290	185.711
Calamar	t	19.988	90.322	t	25.728	119.873
Pulpo	t	22.576	178.701	t	35.030	331.619
Otros (chirlas, medusas, etc.), incluso harina, polvo y pellas aptos para consumo humano	t	118	974	t	203	1.672
<b>Moluscos y demás invertebrados acuáticos en conserva o preparados</b>						
Crustáceos en conserva o preparados	t	3.893	32.281	t	8.749	48.647
<b>Moluscos y demás invertebrados acuáticos en conserva o preparados</b>						
Mejillón	t	28.507	133.618	t	43.965	191.293
Berberecho	t	3.725	49.141	t	3.599	47.735
Almeja	t	557	4.592	t	1.382	10.143
Jibia	t	898	5.539	t	998	5.486
Calamar (incluye rebozados y congelados)	t	35.890	143.663	t	39.976	183.207
Pulpo	t	9.423	76.378	t	14.376	173.453
Otros	t	1.926	20.406	t	1.826	13.251
<b>Harina, pasta y pellas no aptos para consumo humano</b>						
Harina, pasta y pellas no aptos para consumo humano	kg	52.155.749	57.014	kg	55.350.364	61.201
<b>Desperdicios de pescado, crustáceos, moluscos y otros invertebrados acuáticos</b>						
Desperdicios de pescado, crustáceos, moluscos y otros invertebrados acuáticos	kg	60.396.362	15.478	kg	64.600.962	17.344
<b>Cocción y otros servicios para la producción de artículos de pescado</b>						
Cocción y otros servicios para la producción de artículos de pescado	---		95.511	---		92.004

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE), a partir de la Encuesta Industrial Anual de Productos (EIAP), año 2021.

A cierre de año 2022 los hogares españoles han adquirido menos productos del sector de la pesca, por lo que estos productos pierden intensidad de consumo en una proporción del 15,6 % con respecto al año 2021.

El consumo per cápita de productos de la pesca a cierre de año 2022 es de 19,19 kilos por persona, una cantidad inferior en un 15,5 % con respecto a lo ingerido un año antes (figura 12).

**Figura 12.** Consumo per cápita de productos de la pesca periodo 2021-2022.

	<b>2021</b>	<b>2022</b>
<b>TOTAL PESCA</b>	<b>22,72</b>	<b>19,19</b>
PESCADOS FRESCOS	9,63	8,01
PESCADOS CONGELADOS	2,27	1,98
MARISCO/MOLUSC CONG	2,16	1,80
MARISCO/MOLUSC FRES	3,38	2,72
MARISCO/MOLUSC COCI	0,77	0,63
CONS.PESCADO/MOLUSCO	4,52	4,05

La compra de productos del mar tiene una tendencia decreciente a lo largo de los años, salvo por la excepcionalidad del año 2020, donde hubo un repunte de las compras debido a la situación provocada por la Covid-19, que obligo a gran parte de la población a permanecer más tiempo en sus hogares. El año 2022 cierra con el dato más bajo en volumen de toda la serie histórica, siendo la evolución con respecto al año 2008 de un 32,8 %. La caída menos acusada se registra en el segmento cocido de mariscos/moluscos/crustáceos que disminuye su presencia en un 15,1 % dentro de los hogares.

El consumo en España de calamar y el pulpo pierden importancia de manera destacada en los hogares españoles a cierre de año 2022 con una reducción en volumen del 27,4% (figura 13). Los hogares españoles destinan a la compra de estos mariscos/crustáceos y moluscos el 0,61 % del presupuesto medio asignado para la compra de alimentación y bebidas, lo que se corresponde con un gasto per cápita de 9,78 € invertidos por persona y año. Esta cantidad se reduce un 22,0 % con respecto al año 2021. En promedio cada individuo residente en España realiza un consumo per cápita de 0,95 kilos por persona y año, cifra inferior en un 27,4 % a la consumida doce meses antes.

**Figura 13.** Consumo doméstico per cápita de moluscos periodo 2021-2022.

	Consumo doméstico de Calamares,Pulpo	% Variación 2022 vs. 2021	% Variación 2022 vs. 2019
Volumen (miles kg)	43.839,67	-27,4 %	-28,9 %
Valor (miles €)	452.437,78	-22,1 %	-17,4 %
Consumo x cápita (kg)	0,95	-27,4 %	-29,1 %
Gasto x cápita (€)	9,78	-22,0 %	-17,6 %
Parte de mercado volumen (%)	0,16	-0,20	-0,24
Parte de mercado valor (%)	0,61	-0,21	-0,22
Precio medio (€/kg)	10,32	7,3 %	16,1 %

Los cefalópodos más conocidos son el calamar y el pulpo. La pota es muy conocida en el sector profesional como importadores, distribuidores y mayoristas, pero no tanto entre el consumidor final. La gastronomía española tiene gran tradición en el consumo de productos del mar, por lo que su uso es habitual, tanto en el canal HORECA, como en el hogar. Los calamares y la pota, se venden en varias modalidades: fresco, congelado o en conserva. Las principales formas de presentación en supermercados, hipermercados y tiendas especializadas, son las siguientes:

- Anillas de pota fresca, al peso.
- Anillas de pota congelada, ideal plancha y rebozado.
- Rodaja de potón del pacífico cocido.
- Tiras de potón ideal arroces y pastas.
- Tacos de pota en conserva (como si fuesen tentáculos de pulpo o calamar).

En la **tabla 5** se detallan algunos de los productos de pota/potón encontrado en los lineales de supermercado:

**Tabla 5** Formas de presentación de cefalopodos en tiendas.

Canal	Nombre del Establecimiento	Segmento	Peso	Precio	Formato	Origen
Supermercado	Mercadona	Fresco	Al peso	EUR 5,95/kg	Producto al peso	Atlántico
Supermercado	Mercadona	Congelado	PIEZA 227g/pieza	EUR 1,70/pieza	Pieza tubo de pota	Argentina
Gran Distribucion	Carrefour	Fresco	Varios tamaños de 300 g a 1000 g	EUR 6,50/kg	Bandeja anillas de pota	Indico/Pacífico
Gran Distribucion	El Corte Inglés	Congelado	500 g	EUR 6,79	Anillas de pota	N.S.*
Supermercado	Mercadona	Congelado	400 g	EUR 2,95	Bolsa anillas de pota	Perú
Supermercado	Mercadona	Congelado	400 g	EUR 2,25	Bolsa tiras de potón	Perú
Gran Distribucion	Alcampo	Fresco	400 g	EUR 2,99	Tiras de pota	Océano Pacífico
Gran Distribucion	Alcampo	Congelado	500 g	EUR 3,49	Bolsa anillas de pota	Atlántico suroeste
Gran Distribucion	Alcampo	Precocinado congelado	500 g	EUR 2,99	Raba pota rebozada	Océano Pacífico
Tienda especializada	La Sirena	Precocinado congelado	450 g	EUR 3,99	Bolsa de anillas de pota a la romana extra premium	Argentina
Gran Distribucion	Carrefour	En conserva	111 g	EUR 0,69/lata	Tiras de pota al ajillo	Pacífico
Gran Distribucion	Carrefour	En conserva	111 g	EUR 0,98/lata	Tacos de pota en salsa gallega	Origen Chile, procesado en España
Gran Distribucion	Carrefour	Congelado	650 g	EUR 5,99	Preparado para paella	Procesado en España

Fuente: MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo).

---

### **3.7. Legislación sobre seguridad e higiene alimentaria y etiquetado en productos de la pesca**

#### **3.7.1 Higiene y seguridad alimentaria**

**Reglamento (CE) nº 178/2002** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

**Reglamento nº 852/2004** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. Este Reglamento deroga la Directiva 93/43/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios.

**Real Decreto 1801/2003**, de 26 de diciembre de 2003, sobre seguridad general de los productos. Transpone la Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001.

**Real Decreto 709/2002**, de 19 de julio, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria.

**Real Decreto 2207/1995**, de 28 de diciembre de 1995, por el que se establece las normas de higiene relativas a los productos alimenticios. A través de este Decreto se transpone la Directiva 93/43/CEE, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios.

**Real Decreto 202/2000**, de 11 de febrero de 2000, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.

#### **3.7.2 Disposiciones Específicas: Productos Pesqueros**

**Reglamento nº 853/2004** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

**Reglamento nº 854/2004** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen las disposiciones para la organización de los controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano.

**Real Decreto 571/1999**, de 9 de abril de 1999, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria que fija las normas aplicables a la producción y comercialización de moluscos bivalvos vivos. Transpone la Directiva 91/492/CEE del Consejo de 15 de julio de 1991.

**Real Decreto 2069/1993**, de 26 de noviembre de 1993, por el que se fijan las normas sanitarias aplicables a los productos de la pesca a bordo de determinados buques pesqueros. Transpone la Directiva del Consejo 92/48/CEE, de 16 de junio de 1992.

**Real Decreto 1437/1992**, de 27 de noviembre de 1992, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a la producción y comercialización para los productos pesqueros y de la acuicultura. Transpone la Directiva del Consejo 91/493/CEE, de 22 de julio de 1991.

### **3.7.3. Etiquetado en productos de la pesca**

**Real Decreto 1334/1999**, de 31 de Julio de 1999, por el que se aprueba la Norma General de Etiquetado, Presentación y Publicidad de los Productos Alimenticios. Transpone la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000.

**Real Decreto 930/1992**, de 17 de Julio de 1992, por el que se aprueba la Norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios. Transpone la Directiva 90/496/CEE del Consejo, de 24 de septiembre de 1990.

**Reglamento (UE) 1169/2011** del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) no 1924/2006 y (CE) no 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) no 608/2004 de la Comisión.

---

### 3.8. Características del potón o calamar gigante del pacífico

El potón del Pacífico, también llamado calamar gigante o de Humboldt (*Dosidicus gigas*), es un molusco perteneciente a la clase de los cefalópodos (**Tabla 6**). Es un invertebrado de rápido crecimiento con un sistema nervioso complejo y un sistema visual bien desarrollado. Tiene un aspecto semejante al del calamar común (*Loligo vulgaris*) presentando la misma morfología y disposición en las diferentes partes que lo componen.

*Dosidicus gigas* es un depredador pelágico de aguas altamente productivas del Pacífico oriental, como son la Corriente de Perú, la Corriente de California y el Domo de Costa Rica (Waluda & Rodhouse, 2006). Es el calamar de mayor tamaño de la familia *Ommastrephidae*, llegando a alcanzar una longitud de manto (LM) de 100-120 cm y un peso de 30-50 kg. Posee aletas romboidales anchas y musculosas, sus terminaciones de los tentáculos son prolongadas y atenuadas, con numerosas ventosas (100-200), carece de grandes fotóforos en el manto, pero posee fotóforos intestinales y oculares temporales el estadio de juvenil y subadulto (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001; Nigmatullin & Arkhipkin 2001).

**Tabla 6.** Taxonomía del potón o calamar gigante del Pacífico.

<b>Reino</b>	<i>Animalia</i>
<b>Filo</b>	<i>Mollusca</i>
<b>Clase</b>	<i>Cephalopoda</i>
<b>Orden</b>	<i>Teuthida</i>
<b>Familia</b>	<i>Ommastrephinae</i>
<b>Subfamilia</b>	<i>Ommastrephinae</i>
<b>Genero</b>	<i>Dosidicus</i>
<b>Especie</b>	<i>D. gigas</i>

El potón es una especie habitual del Pacífico, encontrándose desde las costas de los Estados Unidos hasta las costas de Chile, siendo las zonas de mayor aglomeración frente a las costas de Perú y México (Ibarra, 2006)). Es una especie monocíclica (con una sola reproducción durante su vida) y con evidencia de desove a lo largo de todo el año, pero principalmente concentrado entre los meses de octubre y enero de cada año (y en menor medida entre julio y agosto) (Nigmatullin & Arkhipkin, 2001; Rivera, 2020).

Las hembras de *D. gigas* son más abundantes y de mayor tamaño que los machos y se diferencian geográficamente tres grupos de individuos dependiendo del tamaño que alcanzan en la madurez. Los organismos más pequeños (machos 13 – 26 cm LM, hembras 16 – 34 cm LM) suelen habitar aguas cercanas al Ecuador, la talla mediana (24 – 42 cm LM y 28 – 60 cm LM) es la más común, encontrándose a lo largo de toda la distribución a excepción de las altas latitudes y los organismos de talla grande (> 40 – 50 cm LM y desde 55 – 65 a 100 cm LM) habitan los extremos de la distribución (Nigmatullin & Arkhipkin, 2001).

El potón, como organismo semélparo de vida corta, responde rápidamente a las condiciones ambientales, lo que lo puede convertir en buen indicador de los cambios ecológicos que se presentan por la explotación pesquera de los océanos (Rodhouse, 2001). Es importante tener en cuenta que *D. gigas* es una especie asociada a corrientes oceánicas (Humboldt, California) y sometida a ciclos irregulares como El Niño, dependiendo fuertemente de fenómenos oceanográficos, por lo que la variabilidad oceanográfica cumple un papel fundamental en la biología de esta especie e influye en la pesquería del recurso (Waluda & Rodhouse et al. 2006).

El potón depreda sobre todo animales demersales adultos, teniendo como presas principales la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*), mictófidios (*Stenobrachius leucopsarus*, *Tarletonbeania crenularis*), anchoveta (*Engraulis mordax*), otros calamares gigantes, sardina (*Sardinops sagax*), entre otros. Una vez determinados los hábitos alimentarios de la especie y utilizando un modelo existente de la Corriente de California, se desarrolló una modelización de la cadena alimenticia, encontrando que presentaba un nivel trófico alto. Además, plantearon que el calamar gigante depreda especies demersales y pelágico costeras de importancia comercial (Field & Baltz, 2006).

Mejía-Rebollo et al., (2008), determinaron la edad y describieron el crecimiento de *D. gigas* en la costa oeste de Baja California, usando el incremento diario de los estatolitos. Encontraron hembras inmaduras y madurando de tamaños medianos (24-34 cm LM), hembras maduras y algunas madurando de tallas grandes (62-82 cm LM); para los machos determinaron dos grupos de tamaños, uno de ellos mediano (22-32 cm LM) y un grupo de animales grandes (52-68 cm LM). Los autores plantearon que de *D. gigas* crece rápidamente durante los primeros 200 días de vida en la costa oeste de la Península de Baja California, después su tasa de crecimiento empieza a disminuir gradualmente. Hallaron diferencias de crecimiento entre sexos, determinando que las hembras crecen más lentamente que los machos, pero al final alcanzan mayores tallas que éstos.

El cuerpo del potón posee dos regiones bien diferenciadas: la cabeza, que está unida a los tentáculos y el manto, que tiene forma cilíndrica y envuelve a los órganos internos, como puede observarse en la **figura 14**. A diferencia de los peces, el potón no posee huesos a lo largo de las fibras musculares, poseen una pluma o barquillo interno, que sirve para aportar rigidez al cuerpo y para la protección de los órganos internos. La parte que recubre los órganos internos es el manto, parte que representa la mayor parte del

---

cuerpo del animal (cerca del 45% del peso total del cuerpo). Es la parte más carnosa y más fácil de procesar.

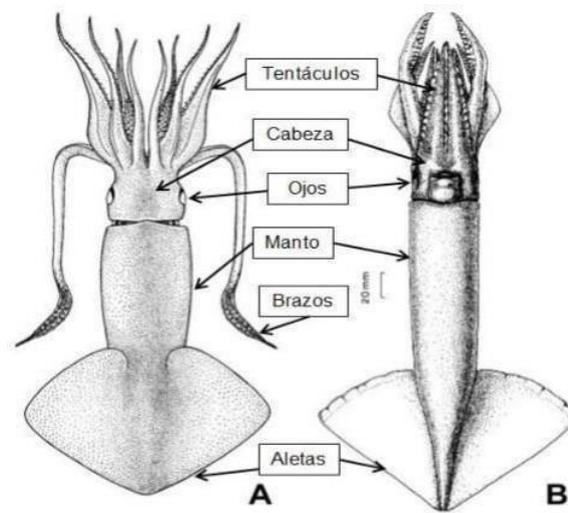
Los tentáculos son de 2 tipos: ocho de ellos llamados "brazos" y los 2 restantes, los cuales tienen una longitud mayor, son los "tentáculos reproductores". Son móviles y flexibles, con los que captura a sus presas y las lleva a la boca. Una de la cara de los tentáculos está cubierta por ventosas que contienen una especie de dientes y, en el caso de los tentáculos reproductores, únicamente en los extremos en forma de paleta. Cuando este animal se siente atacado expulsa una "tinta" que presenta un color marrón muy oscuro (Norman & Tregenza, 2001).

Contiene tres corazones, un cerebro muy evolucionado, dos ojos bien desarrollados y sus células nerviosas exhiben los axones de mayor longitud. Su cuerpo, con esqueleto interno llamado pluma o barquillo, el sifón (cavidad ventral que desemboca hacia la parte delantera en forma de embudo recubierto por el manto), cuando el agua penetra en la cavidad y, al ser expulsada a presión mediante el sifón, dota al animal de un sistema de locomoción por propulsión a chorro, para desplazarse a grandes velocidades.

La boca de esta especie presenta un par de dientes en forma de pico. Externamente, la piel suele presentar color rosado claro con pequeñas manchas violáceas o azuladas, dependiendo de la zona de captura. La piel está formada por cuatro capas, las dos primeras del lado externo contienen entre ellas las células con los cromatóforos, mientras que las capas tercera y cuarta, están compuestas por tejidos conectivos en forma de filamentos delgados (González & Chong, 2006).

Las fibras musculares de los cefalópodos se encuentran oblicuamente estriadas, los miofilamentos gruesos y finos se hallan distribuidos de una manera Escalonada (Kier, 2016).

**Figura 14.** Anatomía del potón (*Dosidicus gigas*).



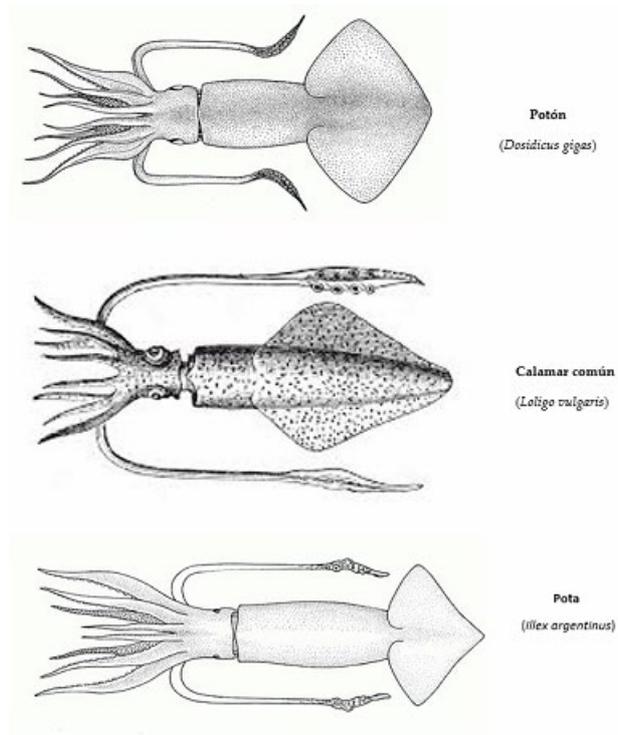
Fuente: Rivera 2020.

En la **tabla 7**, **figura 15** y **figura 16** se hace una breve descripción de las diferencias que existen entre el calamar gigante y los demás moluscos. La cabeza, los tentáculos y los brazos forman una sola estructura, y la boca se encuentra en medio de los tentáculos (Quinde-Rentería 2021).

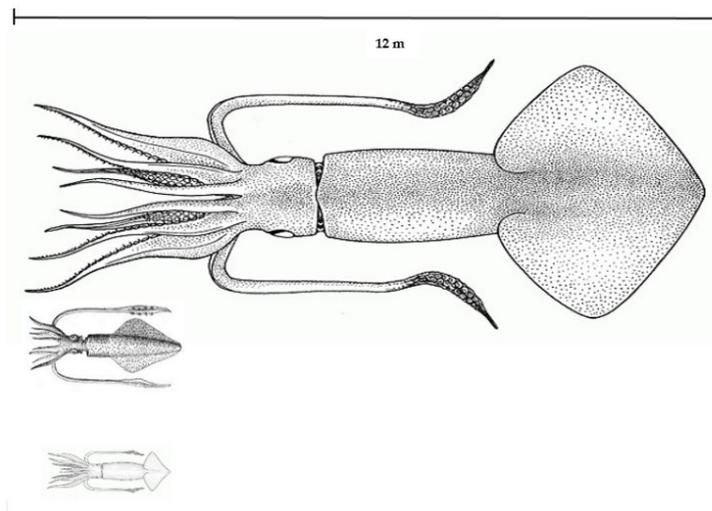
**Tabla 7.** Diferencias entre potón, calamar y pota.

	Potón del Pacífico ( <i>Dosidicus gigas</i> )	Calamar común ( <i>Loligo vulgaris</i> )	Pota argentina ( <i>Illex argentinus</i> )
Dimensiones	100-200 cm	30-40 cm	50 cm
Peso medio	30-50 kg	500-600 g	500-600 g
Evaluación sensorial	Sabor intenso Textura dura Color marrón	Sabor suave Textura tierna Color grisáceo transparente-rojizo	Sabor intenso Textura dura Color violáceo
Aspecto visual	Cuerpo en forma de torpedo, de forma cónica en la parte dorsal Aletas terminales que ocupan un tercio del cuerpo	Cuerpo largo y moderadamente delgado y cilíndrico Las aletas forman un rombo y ocupan prácticamente la mitad del cuerpo del animal	Las aletas en forma de corazón y ocupan menor porcentaje del cuerpo
Distribución	Océano Pacífico Oriental	Mar Mediterráneo Océano Atlántico	Mar Argentino

**Figura 15.** Aspecto y diferencias morfológicas entre potón, calamar y pota.



**Figura 16.** Diferencia de tamaño entre potón, calamar y pota.



### 3.8.1. Descripción sensorial de la carne de potón cocinada

El potón se considera una versión económica del pulpo o calamar, tal vez porque no tiene un sabor tan fino y tiene una carne más dura, pero da excelentes resultados tras ser cocinado. A menudo se vende como si fuera calamar, sepia o incluso pulpo.

Las estructuras proteicas del músculo del calamar están organizadas de manera diferente a las del pescado, así como a la de la carne de res, cerdo y aves, por lo que sus cambios texturales, fisicoquímicos y sensoriales (parámetros de calidad) inducidos por la cocción son particulares. La aceptación de la carne de calamar por parte de los consumidores está más relacionada con la textura que con los atributos de sabor o color.

El cocinado es un proceso térmico que se utiliza para convertir el músculo del calamar en carne comestible (Ando et al., 1999), además de mejorar la digestibilidad de las proteínas del músculo del calamar y liberar compuestos de sabor. La digestibilidad del músculo del calamar mejora con la cocción estando relacionada con cambios fisicoquímicos y estructurales de las proteínas, como el desdoblamiento, la desnaturalización y la hidrólisis. En conjunto, estos cambios físicos, estructurales, sensoriales y nutricionales están estrechamente relacionados con la calidad de la carne de calamar (Ando et al., 1999).

La preferencia por la carne de calamar está más asociada con sus propiedades reológicas y textura que con su sabor (Chumacero, 2016). La organización peculiar de la red de tejido conectivo (compuesta principalmente por colágeno) y sus cambios inducidos por el calentamiento están implicados en el ablandamiento de la carne de calamar; esto se debe a que la descomposición del colágeno y/o la gelatinización facilitan el colapso y desprendimiento de las fibras musculares, lo que promueve la pérdida de proteína soluble (muscular y sarcoplásmica) en el agua liberada (Kugino et al., 1997).

La carne de calamar gigante al ser cocinada presenta una textura fibrosa y correosa por tres razones: uno por el efecto resiliente de la paramiosina, segundo por la contracción o encogimiento de fibras (en mayor proporción en la fibra circular y en menor proporción en la fibra radial) y tercero por la pérdida de agua hasta 20-25%.

Cuando el tejido muscular del potón se somete a cocción por inmersión las redes del tejido conectivo son dañadas y desaparecen por solubilización y gelatinización, de modo similar lo que ocurre en el calamar (Kugino, et al., 1994). En cambio, la cocción del manto por vapor directo provoca el endurecimiento de su carne por el encogimiento brusco de las fibras musculares (principalmente por la coagulación de las proteínas miofibrilares: actina, miosina y paramiosina), junto con la contracción del tejido conectivo que forma una membrana impermeable que evita la eliminación de los componentes solubles en agua, por lo que queda retenido el mal sabor en la carne cocida (Kugino & Kugino, 1994).

### 3.8.2. Composición nutricional del potón cocinado

Según el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA) (2021), el potón es destacado por su valor nutricional, siendo una fuente destacada de aminoácidos esenciales, ácidos grasos polinsaturados, vitaminas A, B y D. Se puede aprovechar el 75% de su composición física.

La rodaja de potón cocinada congelada es un producto bajo en grasa y elevado valor nutricional por la abundancia de proteínas y colágeno. La **tabla 8** muestra las diferencias en composición nutricional del calamar y potón crudo y cocinado. El manto y los tentáculos suponen un 60% del peso total del calamar, cuya composición es: 75-84% es agua, 13-22% de proteína cruda, 0.1-2.7 % de lípidos y 0.9-1.9% de minerales, siendo muy semejante a los peces magros. Chumacero (2016), reporta la composición químico proximal de la pota, donde resalta las proteínas con 16% y el contenido de sodio, potasio, calcio y magnesio con 198.2; 321.9; 9.1 y 45.6 mg/100g. De acuerdo con un informe de la FAO y Latinfoods (Congreso de Ciencia, Biotecnología y Seguridad de los Alimentos, (2002), el potón aporta una cantidad de proteínas similar a otros productos cárnicos como el pollo, la res y el cerdo; sin embargo, su contenido de calorías y grasas es menor.

**Tabla 8.** Composición nutricional en calamar y potón crudo y cocinado.

		Calamar Crudo	Calamar Asado	Filete Potón Crudo	Tentáculo Potón Crudo	Tentáculo Potón Cocido
Valor energético	kcal/100g	71,9	81	62	40	84
Valor energético	kJ/100g	300,45	338	264	167	353
Grasas totales	g/100g	0,875	1,3	<1	0,29	0,9
Ácidos grasos saturados	g/100g	0,1925	0,31	<0,1	0,04	0,4
Hidratos de carbono	g/100g	0,9433	0,5	<0,5	1,67	<0,50
Proteínas	g/100g	15,5	16,58	16	7,68	19
Azúcares totales	g/100g	0,085		0	<0,02	<0,50
Sal	g/100g	1,465		1,1	1,34	0,9

Fuente: Base de datos española de composición de alimentos BEDCA. (Base de Datos Española de Composición de Alimentos); Resultados internos laboratorios ECOSUR-EUROFINS, USDA (Departamento de Agricultura de EE.UU.).

Los compuestos nitrogenados no proteicos presentes en el potón comprenden cerca del 37% del total, entre los que destaca el óxido de trimetilamina (TMAO), así como también, productos de su metabolismo, otras aminas y aminoácidos libres. La composición lipídica de la carne del calamar se halla constituida principalmente por fosfolípidos, con un 4% de colesterol. Adicionalmente, los ácidos grasos saturados abarcan entre un 21%

a un 33,1%, los monoénicos del 8% al 12,2% y los poliénicos del 57,8% al 70,7%, y los ácidos grasos de cadena ramificada no superan el 0,3%.

El contenido proteico del músculo del manto, así como de los tentáculos, difiere un poco de la composición proteica del músculo del pescado. Las principales fracciones proteicas comprenden las proteínas miofibrilares (85%), las proteínas sarcoplásmicas (15%) y el colágeno (un 3% de las proteínas del manto de *Loligo sp* y un 16% de las proteínas de los tentáculos de *Illex sp*). Se ha estimado que la proporción del colágeno puede llegar a ser significativamente alta, si se toma en consideración el modo en el cual está estructurado el músculo y sus propiedades texturales (Chumacero, 2016).

Las proteínas miofibrilares del calamar son más solubles en agua con respecto a las de los peces y los mamíferos. En cuanto al colágeno de los músculos y la piel de los calamares, este presenta alrededor de dos veces más residuos de hidroxiprolina por cada 1000 residuos que el colágeno de la piel del bacalao. Igualmente, el colágeno del músculo del calamar puede variar entre especies debido a un entrecruzamiento, el número de enlaces susceptibles de hidroxilamina, así como de su solubilidad en soluciones salinas y tampones (Chumacero, 2016).

### **3.9 Factores que determinan la calidad del potón**

#### **3.9.1 Factores ambientales**

El potón es un recurso marino que se encuentra en abundancia en la toda la Costa del Pacífico, principalmente en las costas peruanas chilenas y mexicanas. El entorno afecta al crecimiento y desarrollo de los especímenes, ya que cada área posee una climatología, alimentación y otros factores que condicionan la morfología y características de estos. El entorno a veces puede verse afectado por alteraciones que modifican el desarrollo y la distribución de los individuos.

Uno de estos factores que afectan periódicamente al potón es “El Niño”, fenómeno que produce un calentamiento gradual del agua, lo cual provoca fuertes precipitaciones e inundaciones seguido de sequía y falta de alimento. Se observa como el potón migra hacia el interior o hacia otras costas (Morales-Bojórquez & Hernández-Herrera, 2006). Estos animales se alimentan principalmente de peces de tamaño pequeño y medio, mictófidis, y plancton, pero su dieta va a depender del hábitat en el que vivan. Varios factores, como la etapa fisiológica, los hábitos de alimentación, el tamaño da como resultado diferentes tasas de degradación entre las especies de potón.

#### ***Dosidicus gigas* y el fenómeno del Niño**

El océano Pacífico oriental es una región considerada altamente productiva y con una alta variabilidad interanual, especialmente asociada a los fenómenos del Niño y La Niña.

---

Estos eventos generan importantes cambios en la distribución y abundancia de diferentes animales marinos, pero aún se desconoce la forma como estos fenómenos pueden afectar la distribución de especies tan abundantes en esta zona, como los atunes o el potón (Ichii et al., 2002).

Durante el fenómeno del Niño, denominado ENSO (El Niño Southern Oscillation) ocurre una disminución en la intensidad de los vientos, usualmente en la época de otoño/invierno. Las surgencias (ascenso de masas profundas de agua, desde la zona abisal del océano) propias de esta zona disminuyen su intensidad o desaparecen y las aguas superficiales sufren un progresivo calentamiento; esto genera que la termoclina se profundice y que no asciendan nutrientes a la superficie, reduciéndose la productividad primaria en la zona fótica y afectando a las cadenas tróficas (Anderson & Rodhouse, 2001).

Se espera que los calamares ommatridios, como el potón, estén adaptados a las características particulares que tiene el ambiente; sin embargo, investigaciones recientes sugieren que es probable que el potón como habitante del océano Pacífico oriental, se vea afectado por condiciones ambientales tan variables, las cuales pueden influir en la abundancia y distribución de las poblaciones de la especie (Anderson & Rodhouse, 2001; Waluda & Rodhouse, 2006).

Markaida (2004) planteó que las poblaciones de calamar se vieron afectadas durante el Niño 97/98, tanto en su abundancia y distribución, como en su estructura poblacional, debido probablemente a los cambios en la temperatura del agua y a la disminución o variación del alimento que esto conlleva, ya que antes y después del Niño, algunas de las presas que consumieron los calamares fueron diferentes. Asimismo, Lavaniegos et al., (2002), quienes, al analizar la estructura del plancton marino del océano Pacífico oriental, frente al de la Baja California, encontraron variaciones en el volumen y la composición del fitoplancton y zooplancton marino antes y después del Niño 97/98, lo cual llevó a una sucesión de especies que pudieron generar cambios en la cadena trófica.

Sin embargo, a pesar del efecto que pueden tener estos grandes fenómenos, Anderson y Rodhouse (2001) plantearon que las poblaciones de calamares no se afectan por los eventos a gran escala directamente, sino que se ven afectados por la influencia local que éstos pueden generar; ya sea por el aumento de la temperatura, la profundización de la termoclina, la disminución de la biomasa fitoplanctónica o por la migración de especies que hacen parte de su dieta (Markaida, 2004).

A pesar de los efectos desfavorables que puede tener el ambiente y fenómenos como el del Niño sobre la distribución y abundancia de la especie, es importante reconocer que el potón, como recurso, es considerado inestable y la pesquería de éste depende en gran parte del reclutamiento inicial del calamar (Morales-Bojórquez & Hernández-Herrera, 2006). Sin embargo, no se debe generalizar y en ciertas áreas el fenómeno del Niño podría tener efectos favorables para el potón.

### 3.9.2 Zonas de captura

El potón es un organismo pelágico que se captura principalmente en la costa de Perú, Chile y México. Todas ellas pertenecen a la zona de captura denominada FAO 87 del océano Pacífico sureste. Dentro de esta zona se diferencian las subzonas que representarían a cada extensión. La **figura 17** muestra los límites del Pacífico sureste (Área de Pesca 87) correspondiente al área CPPS para fines estadísticos. A continuación, se presenta una descripción del área y sus subáreas, divisiones y subdivisiones:

**Figura 17.** Zonas de pesca Océano Pacífico Sureste (FAO 87).



El océano Pacífico sureste se divide en las siguientes subáreas, divisiones y subdivisiones:

#### Norte (Subárea 87.1)

Comprende todas las aguas marinas limitadas por una línea que comienza en un punto de la costa del continente sudamericano en la frontera entre Panamá y Colombia a los 7°12'39"N de latitud y 77°53'20"W de longitud; desde allí siguiendo una línea loxodrómica en dirección suroeste hasta 5°00'N de latitud y 79°52'W de longitud; de ahí hacia el oeste a lo largo del paralelo 5°00'N hasta el meridiano 120°00'W; de allí con rumbo sur hasta los 18°20'S de latitud; de allí hacia el este a lo largo de este paralelo para encontrarse con la costa de América del Sur; de allí en dirección norte a lo largo de la costa hasta el punto de partida.

---

La Subárea 87.1 se divide de la siguiente manera: Costa norte (División 87.1.1), Intermedio del Norte (División 87.1.2), Galápagos (División 87.1.3), Oceánico del Norte (División 87.1.4).

### **Central (Subárea 87.2)**

Comprende todas las aguas marinas limitadas por una línea que comienza en un punto de la costa del Pacífico de América del Sur a 18°20'S de latitud; desde allí corriendo hacia el oeste hasta los 120°00'W de longitud; de allí con rumbo sur hasta los 39°20'S de latitud; de allí hacia el este a lo largo de este paralelo para encontrarse con la costa de América del Sur; de allí en dirección norte a lo largo de la costa hasta el punto de partida.

La Subárea 87.2 se subdivide en 6 divisiones: Costera central (División 87.2.1), Intermedio Central (División 87.2.2), San Félix (División 87.2.3), Juan Fernández (División 87.2.4), Pascua (División 87.2.5), Oceánico Central (División 87.2.6)

### **Sur (Subárea 87.3)**

Comprende todas las aguas marinas delimitadas por una línea que comienza en un punto de la costa del Pacífico del continente Sudamericano a 39°20'S de latitud; de allí corriendo hacia el oeste debido a 120°00'W de longitud; de allí con rumbo sur hasta los 60°00'S de latitud; de allí con rumbo este a lo largo de este paralelo hasta los 67° 16' de longitud oeste; de allí con rumbo norte hasta los 56°22'S de latitud; desde allí debido al este hasta los 65°43'W de longitud; de allí con rumbo norte hasta los 55°22'S de latitud; de allí en dirección noroeste a lo largo de una línea loxodrómica y cruzando el Canal Beagle hasta la frontera entre Chile y Argentina; de allí en dirección norte a lo largo de la costa de América del Sur hasta el punto de partida.

La Subárea 87.3 se divide de la siguiente manera: Costa Sur (División 87.3.1), Intermedio Sur (División 87.3.2), Océano austral (División 87.3.3).

El potón representa el mayor porcentaje a las capturas totales en las pesquerías de cefalópodos a nivel mundial (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001). Los desembarcos comerciales del potón son los más altos y de mayor crecimiento que los de cualquier otro cefalópodo en el mundo, registrando en el 2006, desembarcos de 850,000 t aproximadamente (FAO, 2008), mientras que antes del año 2000, no superaban las 200,000 t a nivel mundial (Field, 2008).

Es la especie más capturada, explotada por Chile, China, Perú y, en menor medida, México. La captura anual en promedio de esta especie alcanzó 815,978 T. *Loliginidae* y *Ommastrephidae* ocuparon el segundo lugar en volumen de captura en 2010 con 603,383 T, principalmente obtenida por China con 431,433 T obtenidas en el Pacífico Noroeste. (FAO, 2010).

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR) ha indicado que el potón es el principal producto de exportación no tradicional (52% participación), seguido de los langostinos (14%). Anualmente se exporta un promedio de 265.000 toneladas de pota congelada (Rivera, 2020),

El potón, es un calamar oceánico, altamente migratorio y endémico del océano Pacífico oriental. Históricamente, su distribución ha tenido un amplio rango, desde los 37°- 40°N en el centro de California hasta los 45°- 47°S en el norte de Chile, extendiéndose fuera de la costa hasta los 125°- 140°W en el Ecuador (Gilly et al, 2006; Waluda et al. 2006). A partir del Niño 97/98, se han encontrado un gran número de calamares gigantes a través de la corriente de California, registrándose observaciones de la especie en Alaska. En ambos hemisferios, este tipo de invasiones son conocidas desde el siglo XIX, sin embargo, la extensión espacial y temporal de la actual invasión parece no tener antecedentes en el récord histórico (Field & Baltz, 2006; Field, 2008; Rodhouse, 2008).

En los sistemas que la especie ha invadido, se hace evidente la fuerte influencia que está ejerciendo como depredador y como presa, reestructurando las cadenas alimenticias de los sistemas mesopelágicos y pelágicos en los que incursiona (Gilly, et al, 2006, Field, 2008). Una de las áreas que el potón ha invadido recientemente ocupando un nivel trófico alto es la corriente de California, donde está depredando sobre peces mesopelágicos y pelágico-costeros que tienen importancia comercial; sin embargo, el impacto real sobre el ecosistema es difícil de inferir debido a los rápidos cambios que realiza la especie y a la falta de información que se tiene (Field y Baltz, 2006).

La pesca de este recurso en México inició en la década de los 70's y se ha desarrollado principalmente en el golfo de California, y, en menor proporción, en la costa occidental sur de la península de la Baja California (Nevárez-Martínez et al., 2006). Sin embargo, la rápida dispersión y el incremento de la abundancia de las poblaciones de potón en la corriente de California se está convirtiendo en un hecho sin precedentes, haciendo que se generen carencias de información de la distribución espacial y temporal de la especie y de la explotación y manejo pesquero que se está llevando a cabo (Field et al., 2007).

Aprovechando la gran abundancia del recurso, en Ensenada, Baja California se inició informalmente la pesquería de *D. gigas* a partir del 2006. Teniendo en cuenta el reciente desarrollo de esta industria pesquera en la zona, se han planteado el objetivo de determinar las características biológicas y la estructura por tallas de *D. gigas*, así como analizar el desarrollo que está teniendo la pesquería industrial del recurso en Ensenada, Pacífico mexicano (Baquero, 2010). La zona de captura podría influir en la composición nutricional y en las características sensoriales del potón.

Por su parte, los peces y mariscos se consideran bioindicadores a la contaminación por metales pesados. El agua de las zonas de captura podría verse gravemente comprometido debido a factores relacionados con la actividad humana, como la descarga de aguas residuales procedentes de las industrias, así como las aguas residuales resultantes del lavado de barcos y camiones cisterna de la minería. Además, el rápido

---

desarrollo industrial y municipal causa serios problemas de contaminación en las aguas costeras. La contaminación por metales pesados implica el aporte de contaminantes particularmente peligrosos en los alimentos y supone un problema importante en el medio ambiente. Varias organizaciones han señalado la necesidad de monitorear los niveles de metales traza en el ambiente marino (Younis et al., 2015).

La bioacumulación de metales pesados varía entre especies, edades, sexos y órganos, siendo los que más acumulan los que son metabólicamente más activos como el hígado y las branquias y siendo los músculos los que los acumulan en menor medida (Younis et al., 2015).

En los últimos años, la pota está cambiando su distribución alejándose de la costa, y como resultado se hace menos accesible para la flota artesanal costera y se aproxima a la flota extranjera que se encuentra fuera de las 200 millas del mar peruano la que cuenta con embarcaciones especializadas que estarían capturando alrededor de 300 mil toneladas al año (Vela et al., 2014)

### **3.9.3 Artes de pesca del potón**

Las artes de pesca son los métodos utilizados para capturar especies acuáticas. Se dividen en dos categorías principales que dependen del tipo de aguas y piezas que se pretenden capturar, encontrando por una parte las artes artesanales y por otra las industriales. Las artes artesanales se emplean en zonas de interior, como ríos o embalses, además de en bajura. Por otra parte, las industriales son todas aquellas que se practican en zonas exteriores y que, por norma general, están orientadas a la captura de grandes cantidades con fines económicos o alimenticios.

Encontramos las siguientes artes pesqueras: arrastre, cerco, dragas, enmalle, líneas y anzuelos, marisquero, palangre, poteras, trampas y nasas y trasmallo. La **tabla 9** indica los artes de pesca permitidos según el Reglamento 1379/2013.

Las poteras se usan para capturar todo tipo de cefalópodos. Se trata de una especie de anzuelos agrupados de forma que poseen muchas puntas con las que logran engancharse a los calamares, casi imposibles de atrapar de otra manera. Por lo general, suelen lanzarse a mano para recoger de forma similar a la pesca con anzuelo y cebo, aunque también a nivel industrial en buques destinados a ello. Es frecuente acompañar con el uso de luces en las noches para atraer a los animales y lograr que muerdan.

**Tabla 9.** Artes de pesca utilizadas en la captura del potón (Reglamento 1379/2013).

Información obligatoria sobre la categoría de arte de pesca	Información detallada suplementaria relativa a artes y códigos correspondientes, de conformidad con el Reglamento (CE) no 26/2004 de la Comisión y con el Reglamento de Ejecución (UE) no 404/2011 de la Comisión	
Redes de arrastre	Redes de arrastre de vara	TBB
	Redes de arrastre de fondo de puertas	OTB
	Redes de arrastre de fondo a la pareja	PTB
	Redes de arrastre pelágico de puertas	OTM
	Redes de arrastre pelágico a la pareja	PTM
	Redes de arrastre gemelas con puertas	OTT
Redes de enmalle y similares	Redes de enmalle de fondo (ancladas)	GNS
	Redes de enmalle de deriva	GND
	Redes de enmalle de cerco	GNC
	Trasmallos	GTR
	Redes atrasmalladas y redes de enmalle combinadas	GTN
Sedales y anzuelos	Líneas de mano y líneas de caña (manuales)	LHP
	Líneas de mano y líneas de caña (mecanizadas)	LHM
	Palangres de fondo	LLS
	Palangres de deriva	LLD
	Curricanes	LTL
Nasas y trampas	Nasas (trampas)	FPO

---

La pesca del potón se lleva a cabo con poteras de fabricación local. La potera consta de un cilindro de 35 cm de longitud, que originalmente proviene de poteras japonesas y es adaptado localmente con 5 coronas de ganchos; en el extremo inferior llevan un plomo de 100 gr que da el peso necesario para que la potera pueda descender y dos luces, un dispositivo denominado hueso, el cual tiene propiedades fosforescentes y una luz artificial adherida al extremo superior (**figura 18**).

Este arte de pesca tiene una gran ventaja y es su alta selectividad hacia la especie y hacia el tamaño de los individuos. La potera permite la captura individual de los organismos, evita las capturas incidentales y no tiene impactos negativos sobre el ecosistema (Baquero, 2010).

Cada potera consta de un cebo artificial, con varias coronas de anzuelos sin rebarba, que prende al calamar cuando este la ataca. La atracción hacia las poteras se realiza mediante la iluminación de la embarcación durante la noche, y está basada, tanto en el fototropismo positivo del Calamar, como su voracidad hacia todo lo que se mueve. Entre las ventajas de este arte de pesca están la efectividad en la captura, alta selectividad hacia el tamaño del calamar, captura individual que ofrece un producto de gran calidad y ausencia de captura sin daños accidentales de otras especies o daños al ecosistema (Mariátegui et al., 1996).

La tecnología automatizada de la flota calamarera se desarrolló por la necesidad de mejorar la eficiencia de captura, la cobertura de acción de las embarcaciones (ultramar) y la seguridad y el cuidado de los pescadores por los problemas ergonómicos que acarrea la captura del calamar con líneas de mano y anzuelos, por lo que se mecanizó el sistema.

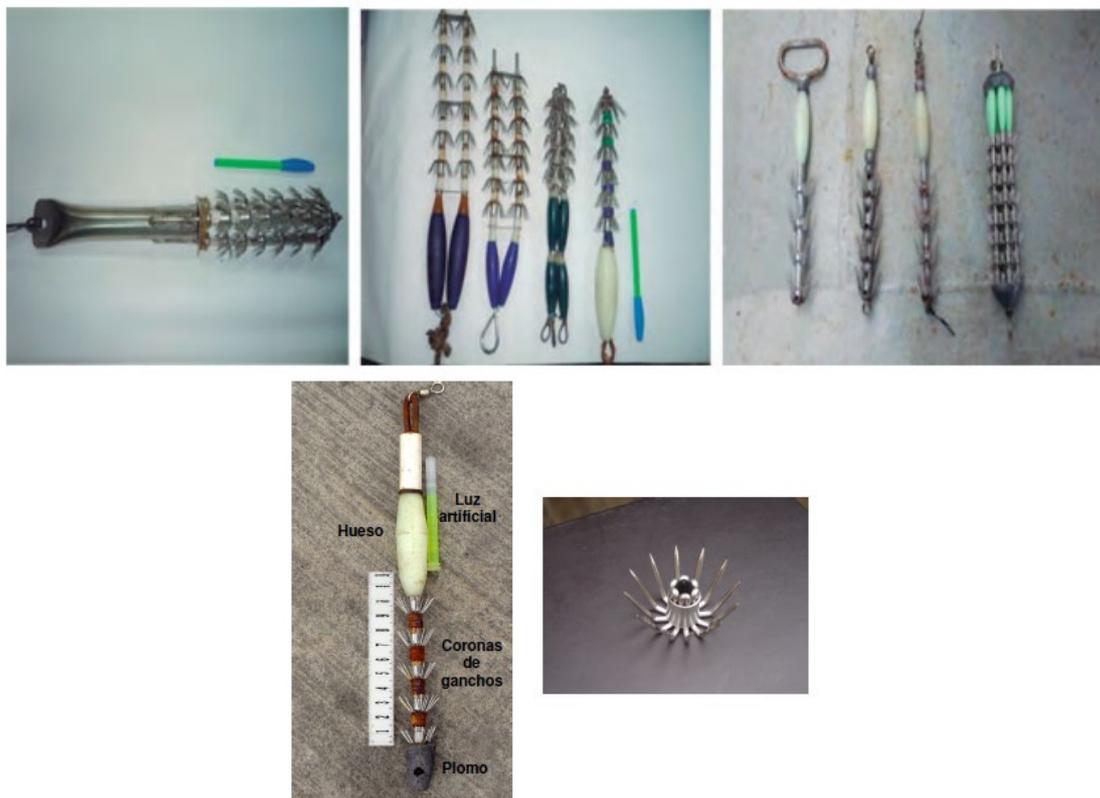
En la década de 1990, la flota industrial de bandera extranjera que operó en el Perú capturaba especímenes de pota entre 20 a 75 cm (Argüelles et al., 2008), utilizando poteras pequeñas de 78 a 125 mm, de cuerpo plástico flexible o duro unidos mediante anillos y al final de la potera llevaban unas coronas con ganchos de metal). En el año 2000, potas de mayor tamaño, especímenes con más de 120 cm de longitud de manto (Argüelles et al., 2008) se hicieron vulnerables a la flota industrial de bandera extranjera que tuvo que modificar sus artes y métodos de pesca, debido a que hubo roturas y pérdidas de las líneas por el peso de los individuos. Se cambió la estructura de las líneas con poteras más grandes, llegando a utilizar poteras tipo piña, variando de poteras flexibles de una línea de coronas, a poteras rígidas de varias líneas de coronas.

En 1997, se evidenciaron las primeras adaptaciones de la flota artesanal de Máncora (04°06'S), Talara (04°34'S) y Paita (05°S) para capturar calamar gigante, utilizando las poteras de la flota industrial, pero modificándolas de flexibles a rígidas para la operación manual (**figura 19**) (Salazar, 1997). También se utilizaron redes de enmalle superficiales de monofilamento de 90 mm de tamaño de malla. Desde el 2001, la flota artesanal exclusivamente explotó el potón, ya que se limitó el ingreso de embarcaciones extranjeras, para lo cual se tuvo que hacer una adaptación importante, tanto en el diseño

de las poteras, como en los sistemas de iluminación y estabilización (Arellano & Swartzman, 2010).

Estos diseños individuales de las poteras reflejan la experiencia práctica de los pescadores con respecto a la reacción de la especie objetivo y también las diferencias regionales en las condiciones de pesca y la disponibilidad de materiales, llegando a tener poteras manuales básicamente rígidas y de mayores dimensiones, elaboradas en Paita (05°S) Matarani (17°S) e Ilo (17°38'S) (Salazar 1997). Por ejemplo, al inicio de esta pesquería a fines de los años 1980, la flota artesanal actúo en zonas cercanas a la costa, utilizando un sistema de iluminación con focos de 10 a 50 watts, algunos usaron de 100 watts, ubicados en el mástil y/o emplearon un "buzo", foco inmerso en el agua como sistema de atracción. A partir del 2009, se trabaja en zonas más distantes de la costa y se utilizan lámparas tipo pantallas de 1.000 watts (**figura 20**).

**Figura 18.** Poteras utilizadas en la pesca de potón y detalle de las coronas.



---

**Figura 19.** Embarcacion de pesca de tiburón adaptada a la pesca de potón.



**Figura 20.** Reflectores de 500 watts utilizados en la pesca del potón.



La captura del potón se realiza en la noche ya que los ejemplares tienden a ascender a aguas superficiales mientras que por el día pueden estar ubicados a una profundidad de 800 metros. Las embarcaciones zarpan al atardecer y su viaje a la zona de pesca dura aproximadamente de 1 a 2 horas. Las embarcaciones se sitúan en el área de pesca al verificar la presencia de los calamares a través de una ecosonda y encienden las luces que atraen al potón hacia la superficie, aprovechando el fototropismo positivo que posee la especie (Markaida & Sosa-Nishizaki, 2001; Martínez-Aguilar et al. 2004). Una vez que se encuentran las congregaciones de calamares, se lanzan al agua líneas de monofilamento, con una potera en el extremo, las cuales capturan organismos mayores a los 50 cm (Martínez-Aguilar et al. 2004).

Una vez que la “mancha” de calamar empieza a atacar los señuelos, se inicia la captura. A medida que avanza las operaciones de pesca, la mancha de calamar va ascendiendo a la superficie, atraída por la luz de la embarcación y los señuelos de las poteras, haciéndose más fácil y rápida la pesca de los individuos. La captura del potón se

concentra en los meses de abril a junio, por lo que es durante estos meses en los que las industrias procesadoras hacen acopio de estos ejemplares para su posterior distribución.

### 3.10 Transformación industrial del potón

#### 3.10.1 Congelación en origen

Salvatierra, en el año 2019 describió la congelación como un método de conservación donde los alimentos son sometidos a temperaturas iguales o inferiores a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Inhibiéndose el desarrollo de microorganismos y reduciéndose la actividad enzimática. Esto permite conservar el alimento durante un tiempo largo. Para un correcto proceso de congelación, el descenso de temperatura ha de ser rápido para evitar que los cristales de hielo sean de gran tamaño y rompan estructuras del alimento. Noguera et al., (2018), mencionan que cuando el proceso de congelación se efectúa de una manera correcta, los alimentos se conservan sin existir grandes alteraciones en su calidad nutricional y además mantiene atributos sensoriales tales como: olor, sabor, sabor, color y textura.

La congelación se define como una operación unitaria en que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, con lo que una proporción elevada de agua que contiene cambia de estado formando cristales de hielo (Singh & Roos, 2005). A temperaturas inferiores a  $4^{\circ}\text{C}$  algunos microorganismos como *Clostridium botulinum*, *Listeria monocytogenes* y *Yersinia enterocolitica* pueden desarrollarse, pero cuando la temperatura se reduce se detiene el crecimiento de los microorganismos que pueden permanecer inactivos en un estado de latencia hasta que la temperatura se recupere. Según Kiani & Sun (2011), la congelación se lleva a cabo en tres pasos: (1) pre-enfriamiento del producto hasta su punto inicial de congelación; (2) remoción del calor latente de cristalización (etapa de transición de fase); y (3) enfriamiento final hasta la temperatura de almacenamiento. La transición de fase es la parte del proceso que involucra la conversión del agua líquida a hielo y tiene la ventaja de fijar la estructura de tejido y separar la fracción de agua en forma de cristales de hielo.

Existen diferentes métodos de congelación que dan como resultado diferentes velocidades de cristalización del agua y que, de forma general, se clasifican en:

#### **Sistemas de contacto indirecto**

En numerosos sistemas de congelación de alimentos, el producto y el refrigerante están separados por una barrera durante todo el proceso, por ejemplo, aquellos donde el material del envase hace de barrera.

**Congeladores de placas:** el producto se congela mientras se mantiene entre dos placas refrigeradas. En la mayoría de los casos, la barrera entre el producto y el refrigerante incluye, tanto a la placa, como el material del envase. Los sistemas de congelación de

---

placas pueden operar, tanto de modo discontinuo, como de modo continuo. Este será el sistema utilizado para congelar los tentáculos de potón en bloques.

**Congeladores por corriente de aire:** en estos casos, el envase supone la barrera para la congelación indirecta siendo la fuente del enfriamiento una corriente de aire frío.

En una operación discontinua, la habitación refrigerada puede actuar como almacén además de como un compartimento de congelación. En esta situación los tiempos de congelación serán altos debido a las bajas velocidades del aire alrededor del producto, la imposibilidad de alcanzar un buen contacto entre el producto y el aire frío y los menores gradientes de temperatura existentes entre el producto y el aire, también modifican los tiempos de proceso.

Sin embargo, la mayoría de los congeladores por corriente de aire son continuos. En estos sistemas, el producto se coloca sobre una cinta transportadora que se mueve a través de una corriente de aire que circula a elevada velocidad. El tiempo de congelación o de residencia viene determinado por la longitud y velocidad de la cinta transportadora. Estos tiempos pueden ser relativamente pequeños si se utiliza aire a muy baja temperatura, altas velocidades y si existe un buen contacto entre el producto y el aire frío.

#### **Sistemas de contacto directo.**

Existen varios sistemas de congelación que operan por medio del contacto directo entre el refrigerante y el producto. En la mayoría de las ocasiones, estos sistemas operarán más eficazmente si no existen barreras a la transmisión de calor. Los refrigerantes que se utilizan en estos sistemas pueden ser aire a baja temperatura y altas velocidades o líquidos refrigerantes que cambian de fase en contacto con la superficie del producto. En cualquier caso, los sistemas se diseñan para alcanzar una rápida congelación, aplicándose el término de congelación rápida individual (en inglés, individual quick freezing), IQF.

**Corriente de aire:** es una forma de IQF y consiste en utilizar corrientes de aire a bajas temperaturas y altas velocidades que entran en contacto directo con productos de pequeño tamaño. La combinación de aire a bajas temperaturas, elevados coeficientes de transmisión de calor por convección y el pequeño tamaño del producto permiten la rápida congelación del mismo.

**Inmersión:** la superficie exterior del producto puede alcanzar temperaturas muy bajas sumergiendo el alimento dentro de un refrigerante líquido eficaz. Si el tamaño del producto es relativamente pequeño, el proceso de congelación se alcanza rápidamente en condiciones IQF. Para algunos alimentos, con este sistema se consiguen menores tiempos de congelación que cuando se utilizan corrientes de aire o sistemas de lecho fluidizado.

El proceso consiste en introducir el producto en un baño de líquido refrigerante. Mientras que el líquido refrigerante se evapora, se absorbe el calor del producto. Los refrigerantes más comunes son el nitrógeno, el dióxido de carbono y el freón. Una de las mayores desventajas de los sistemas de congelación por inmersión es el costo del refrigerante, ya que éste pasa del estado líquido a vapor mientras se produce la congelación del producto, resultando difícil recuperar los vapores que se escapan del compartimento.

Existen tres métodos de congelación dependiendo del equipo y la velocidad a la que los productos son congelados:

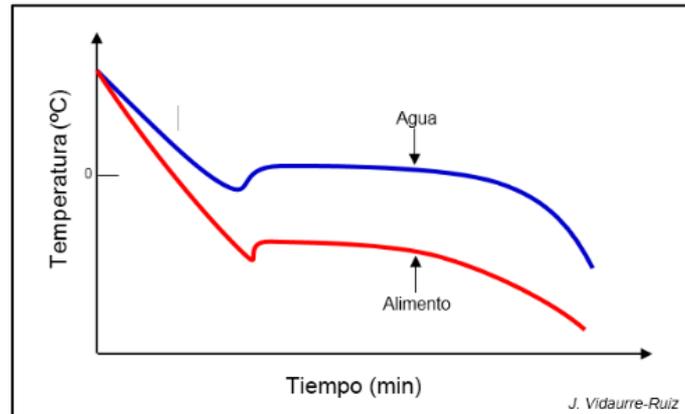
**Congelación lenta:** Se utiliza cuando los productos de gran tamaño son almacenados en amplios espacios o cuando se requieren cámaras de gran capacidad para alojar grandes cantidades. Mantiene la calidad y no altera el sabor ni el olor. El tiempo de congelación es largo. Puede durar desde 6 hasta 24 horas y se realiza en los “túneles” o cámaras de congelación.

**Congelación media:** Se realiza a una velocidad de congelación de 1-5cm/h en túneles de aire frío a 20km/h y -40°C. En todos los casos se usan muebles, armarios o túneles preparados para ello, teniendo rociadores directos con los fluidos criogénicos, o mediante fluidos refrigerantes u otros que circulan por el interior del circuito para enfriar las placas o el aire.

**Congelación rápida (ultracongelación):** Se utiliza en cocinas profesionales y en la industria alimentaria para congelar rápidamente y detener la proliferación de bacterias. Consiste en un enfriamiento brusco donde se pretende alcanzar la máxima cristalización en un tiempo inferior a cuatro horas. El proceso concluye tras lograr la estabilización térmica a -18°C, entonces, el producto debe mantenerse en cámaras a bajas temperaturas. Puede durar de 5 a 60 minutos, donde necesariamente se tienen que emplear fluidos criogénicos que se pulverizan directamente sobre los alimentos en el interior de un armario o “túnel” especialmente preparados para estos procesos. Se consigue alterar lo mínimo posible las características sensoriales y controlar cualquier tipo de microorganismo o parásito.

El proceso de congelación en los alimentos es más complejo que la congelación del agua pura. Los alimentos, al contener otros solutos disueltos presentan un comportamiento ante la congelación similar al de las soluciones. La evolución de la temperatura con el tiempo durante el proceso de congelación es denominada curva de congelación. (Chambilla, 2010). Este fenómeno viene descrito en la **figura 21**.

**Figura 21.** Curva de congelación.



Fuente Vidaurre-Ruiz (2012).

En el punto inicial de congelación, una parte del agua dentro del alimento se cristaliza y la solución restante se concentra aún más. A medida que la temperatura sigue disminuyendo, la formación de cristales de hielo aumenta la concentración de los solutos en la solución, dando como respuesta, el aumento de la depresión del punto de congelación. (Chambilla, 2010).

El pescado contiene alrededor del 75 % de su peso en agua. El punto de congelación en el pescado se ubica entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-2^{\circ}\text{C}$ . Durante la congelación, el agua es convertida en hielo en forma gradual, mientras que las concentraciones de sales orgánicas e inorgánicas se incrementan, disminuyendo el punto de congelación. Cuando la temperatura llega a  $-25^{\circ}\text{C}$ , el 90-95% del agua se halla en estado congelado. Aquí no se incluye el agua ligada (por ejemplo, aquella químicamente unida a sitios específicos como lo son los grupos carbonilos y grupos aminos de las proteínas), la cual no está disponible al congelarse (Honikel & Hamm 1994).

Los productos pesqueros congelados son aquellos que han sido sometidos a procesos en los cuales estos alcanzan en su interior una temperatura de por lo menos  $-18^{\circ}\text{C}$  tras su estabilización. (Jasper & Placzek, 1980). La temperatura de elección a nivel internacional es de  $-18^{\circ}\text{C}$ , ya que por debajo de ésta se estima que no es posible la proliferación de bacterias (significativamente), por lo que disminuye la posibilidad de alteración y se reducen los riesgos para la salud. (Carballo & López, 1991).

La mayor parte del agua (alrededor del 75-80%) se encuentra congelada cuando la temperatura se encuentra entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $-5^{\circ}\text{C}$ . Este rango de temperatura es conocido como zona crítica de congelación (Aguilar, 2016). Durante el proceso de congelación, la temperatura del pescado disminuye rápidamente desde su temperatura inicial hasta por debajo de  $0^{\circ}\text{C}$ , bajando muy lentamente hasta que la mayoría del agua se ha transformado en hielo. Una vez pasada la zona crítica, la temperatura disminuye rápidamente. A fin de detener el proceso de deterioro, es importante atravesar la zona crítica lo más rápido posible (Johnston et al., 1994).

La formación de cristales de hielo ocurre en dos etapas. Primeramente, se produce una “nucleación”, que corresponde a la formación de pequeñas partículas insolubles suspendidas en el líquido o la agregación al azar de moléculas de agua hasta un tamaño crítico. En segundo término, ocurre el crecimiento de los cristales (Garthwaite, 1997). La baja remoción de calor da como resultado un congelado lento (velocidad de congelación alrededor de 0,2 cm/h), produciéndose cristales de hielo comparativamente grandes en tamaño y baja cantidad, los cuales pueden causar la ruptura de las membranas celulares, una pérdida de fluidos y cambios en la textura del producto descongelado.

### **3.10.2 Envasado y almacenamiento frigorífico**

Procesar potón fresco recién capturado no es posible por las distancias que hay entre las zonas de pesca en el océano Pacífico y las industrias transformadoras ubicadas en países como España. El potón se congela al llegar a las plantas en origen en bolsas de plástico que cubren los bloques. Después de verificar la adecuada desinfección de superficies, el producto empaquetado se introduce inmediatamente a la cámara de almacenamiento a una temperatura que oscila entre los -18 a -20°C.

Los principales problemas que afectan a la industria de la congelación están relacionados con el tiempo y la temperatura de almacenamiento y de transporte, aunque no se sabe por qué existe la necesidad de mantener constante la temperatura en toda la cadena alimentaria (Zhou et al., 2010).

Para satisfacer las demandas del mercado, los productores de carne y los reguladores del área de alimentos, aplican sistemas de calidad basados en el análisis de riesgos y a través de la prevención, el control y vigilancia de los parámetros críticos durante todo el ciclo de vida de los productos. Entre los sistemas usados para garantizar la calidad están el análisis de riesgos y puntos críticos (HACCP), buenas prácticas de fabricación (GMP's) y buenas prácticas de higiene (GHP's), entre otras, que están determinadas por las condiciones de temperatura aplicada en la cadena del frío, por lo que las desviaciones en las especificaciones establecidas deben ser controladas (Nychas et al., 2008).

### **3.10.3 Descongelación**

Son varios los métodos usados para la descongelación del potón: ventilación forzada, mantenimiento en un ambiente refrigerado controlado, utilización de microondas, descongelación por inmersión en agua y descongelación al vacío, entre otros.

El método por inmersión en agua se utiliza generalmente en productos de la pesca y en productos cárnicos, requiere que el agua se encuentre a temperaturas inferiores a 10° C (con agregado o no de hielo) para evitar el desarrollo microbiano. Es el método más utilizado en industria, pero debe realizarse controlando el tiempo de exposición para evitar el ablandamiento en exceso del músculo; pudiendo utilizarse para minimizar este efecto un film plástico protector que evite el contacto directo con el agua.

---

Para la descongelación de los productos de la pesca por inmersión se desarmen las cajas de cartón, se quitan los polietilenos y se colocan los filetes congelados en contenedores con agua a 10° C durante 20/30 minutos en una relación de 10 kg de pescado por cada 40 litros de agua. Luego se sacan los filetes del contenedor y se colocan sobre tarimas durante 5 minutos para escurrir. Finalmente se envasan en cajas plásticas, agregando hielo en escamas, el que estará separado de los filetes por láminas de polietileno (Consumer Eroski, 2007).

### **3.10.4 Maceración con sales sódicas**

Según Umaña (2007), la maceración consiste en la aplicación de tratamientos o técnicas que permitan proteger los alimentos de alteraciones de sus características, prologando su vida útil. Se pueden emplear métodos físicos, químicos o biológicos. Los medios de maceración contienen conocidos aditivos alimentarios, se aplican durante el proceso de fabricación, pero solo una parte no permanece en el producto final. Los ingredientes clave son la sal común, los citratos y los fosfatos. La USDA (Departamento de Agricultura de los EE.UU.) no restringe el uso de sales de maceración, si bien la concentración de fosfato en el producto final debe ser inferior al 0,5%. En este sentido, los aditivos deberían ser sustancias que contribuyan a la estabilidad fisicoquímica del alimento y hacerlo más apetecible al consumidor, ello sin ocultar defectos de fabricación y en casos extremos las condiciones insalubres de elaboración.

La mayoría de las sales comerciales de maceración poseen diferentes propiedades tecnológicas tales como: regulador de acidez, estabilizador, secuestrante de metales, entre otras. Esta técnica necesita tener una amplia superficie de contacto con la carne, por eso es preciso cortar el manto en láminas delgadas antes del tratamiento (Maza, 2010). También es posible aplicar técnicas de inyección. Algunos de los factores que afectan la acción de la sal y otros aditivos incluyen: 1) pH inicial de la carne; 2) tiempo transcurrido después de la muerte o extensión del desarrollo del rigor; 3) temperatura; y 4) modo de aplicación. La sal aumenta la retención de líquidos al aumentar el espacio entre los filamentos gruesos y delgados. Los fosfatos aumentan el pH de la carne, que se aleja del punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, lo que aumenta la capacidad de retención de agua porque las proteínas están cargadas (positiva o negativamente) y las cargas de repulsión son mínimas (Julie, 1999)

Los cefalópodos son muy perecederos en comparación con otras especies acuáticas, por ello, es habitual que el potón se someta a procesos de conservación antes de ser vendido y consumido en el mercado (Gómez-Guillén & Montero, 1997). A menudo se agrega cloruro de sodio a los cefalópodos, aunque, autores como Konno & Fukazawa (1993), consideran que la carne de cefalópodo debe almacenarse sin sal para reducir su actividad autolítica. La autólisis del músculo de los cefalópodos se puede controlar mediante la adición de aditivos alimentarios, como el ácido cítrico, un potente agente quelante que forma un complejo estable con cationes divalentes (Nagashima et al., 1992). El citrato de sodio disuelto a concentraciones superiores a 0,25 M también permite inhibir la autólisis

del músculo del manto de calamar (Kuwahara et al. 2006). Por su parte, el uso de fosfatos y polifosfatos incrementa la capacidad de retención de agua y proporciona una mayor ternura y jugosidad en la carne, aunque la intensidad del sabor se reduce y la intensidad de sabores anormales incrementa (Solé, 2006).

El potón difiere del pulpo en varios aspectos, quizás los más destacables son el sabor y olor amoniacal y, por otro lado, la fuerte consistencia o textura. Para conseguir reducir o eliminar estas características que pueden generar rechazo en el consumidor, el potón debe someterse a un tratamiento químico por inmersión a diferencia del pulpo, el cual se puede cocer solo con sal o con alguna especia, sin necesidad de maceración o tratamiento químico para mejorar sus características sensoriales. La industria del potón congelado viene trabajando con diversos aditivos alimentarios a fin de disminuir sus niveles de acidez y mejorar su aceptación (Cruz-Ortega, 2022).

El tratamiento de **maceración por inmersión** consiste en sumergir el producto durante un tiempo determinado en contenedor que contiene el medio de maceración con sales sódicas y ácidos orgánicos. La inmersión es el método más antiguo de maceración y se basa en la difusión por contacto de los ingredientes en disolución. Es un método poco fiable porque no proporciona homogeneidad en la distribución de las sales de maceración y aumenta el riesgo de contaminación bacteriana debido al tiempo transcurrido. Por otra parte, es poco práctico, ya que limita la cantidad de líquido a absorber por el producto a través de la superficie de contacto (Pearson & Gillet 1996). El problema en la distribución de los ingredientes se controla en parte con el movimiento periódico del producto, controlando el pH y la oxigenación del medio.

El tratamiento de cefalópodos por inmersión es la técnica más utilizada en la industria, se basa en combinar diferentes tiempos y proporciones de soluciones con sales y ácidos en función del tipo y tamaño del producto. La contaminación bacteriana se intenta corregir usando soluciones bacteriostáticas que, añadidas al medio, permiten mantener el producto en inmersión en óptimas condiciones hasta finalizar el tratamiento. En los países europeos se usan ingredientes como el peróxido de hidrógeno, el ácido sórbico y el benzoico entre otros para prolongar la vida útil de los productos macerados.

A continuación, se muestra un ejemplo de una formulación industrial para preparar el tratamiento por inmersión en tanque de 1000 kg de tentáculos de potón. En este tanque se deposita el potón, agua fría y aditivos en la siguiente proporción: 4000 l agua, 1000 kg de tentáculos de potón, 400 l de salmuera líquida, 40 kg de aditivo polvo (E-330 ácido cítrico, E-331 citrato sódico y sal) y 12 l de aditivo líquido (E-330 ácido cítrico, E-331 citrato sódico).

Según Lagares (2004), el tratamiento de maceración por inyección con multiagujas ayuda a obtener un producto final que contenga una distribución más homogénea de salmuera. Con estos equipos, el medio de maceración incorporado al músculo sufre menos pérdidas por escurrido y, al penetrar profundamente, se distribuye en un mayor volumen muscular y en menos tiempo. Este método combina el uso de una fuerza mecánica que rompe la estructura muscular con la introducción de agentes químicos que

---

interaccionan con ella reblandeciéndola (Bhat et al., 2018). Un ejemplo de ello puede ser el ensayo realizado por Berge et al., (2001), en el que se observó un ablandamiento de la carne a partir de la inyección de ácido láctico (0.5 M, 10%), el cual degrada las cadenas pesadas de miosina y genera cambios ultraestructurales de las miofibrillas y una menor estabilidad térmica del colágeno perimisial.

### 3.10.5 Ablandamiento

El **ablandamiento mecánico** se define como la manipulación de la carne con penetración profunda a través de procesos conocidos como "ablandamiento por cuchillas", "uso de ablandadores de carne Jaccard", "clavado de lancetas", "clavado de agujas" o uso de cuchillas, lancetas, agujas o cualquier dispositivo mecánico. El "ablandamiento mecánico" no incluye los procesos en los que se inyectan soluciones a la carne (FDA, 2009).

El efecto del ablandamiento mecánico sobre la terneza ya sea a través de cuchillas o agujas, se ha atribuido a la destrucción parcial del tejido conectivo y/o las fibras musculares, todo lo cual lleva a una reducción de la resistencia en la fuerza de corte y masticación (Rubio, 1992). El ablandamiento de la carne se puede medir a través de métodos objetivos (texturómetros) y subjetivos (paneles sensoriales). Ambos métodos no siempre concuerdan en los resultados.

Los **ablandadores enzimáticos** en la carne están compuestos por proteasas e inician la ruptura de los filamentos musculares contraídos debido a la rigidez cadavérica, así como de las triples hélices de colágeno. La suavidad del tejido conectivo varía de acuerdo con el contenido de colágeno, al diámetro de las fibras perimisiales y al entrecruzamiento de las fibras. En la industria se utilizan proteasas hidrosolubles de origen vegetal, como la papaína (papaya) y bromelina (piña). La papaína es una endopeptidasa cisteínica de origen natural (Ramírez, 2019). Es una enzima proteolítica presente en el látex de las frutas de la *Carica papaya*, donde se encuentra en una concentración de 10 % aproximadamente; tiene un peso molecular de 21 000 Da, tiene tres puentes disulfuro, un rango de pH óptimo de 6.5 a 7.8. Es una proteasa no muy específica (Badui, 2006). Este látex se ha convertido en un negocio industrial y farmacéutico, que se comercializa en todo el mundo, en especial en Europa y Norteamérica, por un valor de unos 100 millones de dólares anuales. El uso principal de esta enzima es como mejorador de la textura de la carne (Baron & García, 2013). La terneza en el momento de consumo es el principal criterio de compra de la carne por los consumidores.

La bromelina o bromelaína es una enzima proteolítica de la piña (*Ananas comosus*) que tiene afinidad hacia las cadenas polipeptídicas dependiendo de su origen (tallo o fruto) (Coello & Hidalgo, 2013). La bromelina es una cistein-proteasa de carácter ácido, se trata de una glucoproteína aparentemente homogénea, que hidroliza enlaces peptídicos, la cual se encuentra conformada por un residuo amino terminal, la valina y su carboxilo terminal, la glicina (Coello & Hidalgo, 2013). Su pH óptimo de trabajo está generalmente entre 4.5 y 8 (Benítez & Mishell, 2021), y al derivar de una fuente natural, puede exhibir

una gran variabilidad en su actividad fisiológica, aun cuando su actividad proteolítica sea la misma. La bromelina no es estable al calor y su actividad puede afectarse por un procesamiento inadecuado o por las condiciones de almacenamiento (Montoya & Miano, 2011). Se han encontrado cuatro tipos representativos de endopeptidasas en la piña, las llamadas bromelina del tallo, del fruto, ananaina y comasina.

Se han probado con éxito diferentes proteasas de plantas para ablandar la carne de calamar gigante (Sung-Hwan, et al., 2015); otros investigadores han probado proteasas bacterianas, siendo la más utilizadas en el sector industrial *Bacillus subtilis* y *Aeromonas spp.*, *Serratia marcescens*, *Enterobacter spp.* y *Pseudomonas spp.* con gran potencial biotecnológico (Paredes et al., 2017; Nagai et al., 2011).

### 3.10.6. Cocinado

El cocinado consiste en aplicar calor al producto para conseguir un efecto conservante, texturizante o culinario. El efecto del calor sobre el músculo depende de la temperatura alcanzada, la duración de tratamiento, la forma de transmisión del calor y la presencia o no de agua. En general, a mayor temperatura, duración y falta de agua (calor seco) en el medio, mayores cambios, que se citan a continuación:

- Opacidad: el calor coagula las proteínas miofibrilares y el músculo deja de ser translúcido.
- Formación de pigmentos: los cambios de color son mínimos en el caso del calamar salvo cuando se aplican altas temperaturas (>150°C) y calor seco provoca la formación de melanoidinas y otros pigmentos pardos.
- Gelatinización del colágeno: desnaturalización e hidratación del tejido conectivo. Ello provoca un aflojamiento y relajación del endo y perimio, ablandamiento y mejora de la masticabilidad.
- Gelificación: el calor desnaturaliza las proteínas musculares dando lugar a la formación de geles musculares.
- Retracción, deshidratación y pérdida de lípidos: sobre todo a altas temperaturas y calor seco.
- Formación del olor y sabor característicos: compuestos procedentes de la oxidación de lípidos (aldehídos, cetonas, etc.), lactonas, alcoholes, derivados furánicos y compuestos sulfurados, entre otros.

El potón puede ser cocinado mediante diferentes técnicas:

**Cocción:** consiste en sumergir los alimentos en agua a 100 °C durante un tiempo. Con esta técnica, una parte de las vitaminas y minerales del calamar pasan al líquido de cocción, por lo que, si se consume también el agua de cocción, las pérdidas nutricionales son menores.

**Escaldado:** técnicamente, es un tratamiento similar al cocido, pero a temperaturas menores de 100°C. El uso de temperaturas de pasteurización (en torno a 70-80°C)

---

proporciona mejores propiedades sensoriales y suele ser suficiente para garantizar la seguridad microbiológica en el producto.

**Fritura:** los alimentos se cocinan en aceite a alta temperatura  $>100^{\circ}\text{C}$  durante un tiempo relativamente corto. La grasa se transfiere al alimento -entre un 10 y un 40%- y llega a formar parte de este.

**Horneado o asado convencional:** el alimento se calienta por conducción y/o convección en un horno metálico a alta temperatura (hasta  $200\text{-}220^{\circ}\text{C}$ ). En el caso de la carne, el horneado persigue formar una costra superficial para retener más jugos, generar sabores a tostado y favorecer la retención de nutrientes en el interior.

**Horneado por microondas:** el alimento se calienta mediante radiaciones electromagnéticas de baja energía que no ionizan el alimento. Se aplican en alimentos que contienen compuestos dieléctricos como el agua o las sales iónicas, que sufren vibraciones y desplazamientos generando calor por fricción cuando son sometidos a un campo electromagnético alterno. Sus efectos dependen de la frecuencia (2450 o 915 MHz) y potencia del horno.

A nivel industrial, el calamar descongelado se cocina básicamente mediante escaldado con agua caliente o vapor de agua, aunque también se pueden usar técnicas de asado o fritura a mayores temperaturas para marcar el producto. El calentamiento convierte la carne de calamar en comestible, mejora la digestibilidad de proteínas del músculo y genera compuestos que contribuyen a desarrollar un sabor deseable (Torres-Arreola et al., 2017). La temperatura de cocinado tiene un fuerte impacto sobre la textura de la carne (Barbera & Tassone, 2006). En el caso del calamar, el calentamiento y almacenamiento pueden no ablandar adecuadamente su textura, pudiendo presentar una carne dura y pegajosa (Jun-hui et al., 2020). La congelación-descongelación y posterior cocinado tienen efectos acumulativos sobre la desnaturalización de proteínas musculares y la retención de jugos en la carne de calamar.

La gelatinización del colágeno es otro punto de referencia para la calidad del calamar cocinado, ya que tiene un gran impacto en su textura. El colágeno empieza a acortarse a temperaturas de  $60$  a  $70^{\circ}\text{C}$  y se convierte en gelatina a los  $80^{\circ}\text{C}$ . Este proceso ablanda la carne, dependiendo de su contenido de colágeno, del método de cocción y de la temperatura final (Garibay et al., 2004). Los aspectos bioquímicos de colágeno del calamar congelado han recibido poca atención hasta ahora. En algunos trabajos sobre filetes de pescado magro y manto de calamar se ha visto que el colágeno también puede desnaturalizarse durante el almacenamiento en congelación (Badii & Howell, 2002; Ruiz-Capillas et al., 2002).

La carne de calamar cocido se retrae sobre un 30% durante la aplicación de calor. La pérdida de peso por cocción es del 25 al 42 % y tiene lugar principalmente en los primeros 15 min de calentamiento (Kolodziejska et al., 1986). Kuginó & Kuginó (1994) informaron que cocinar suavizaba la textura de la carne del calamar porque reduce la ruptura de energía, tanto paralela, como transversal, de la musculatura circular.

Se considera que la adición de ácido cítrico, con la consiguiente disminución del pH, tiene un efecto negativo sobre el rendimiento de cocción y la textura. Ello se debe a que las proteínas musculares se acercan a su punto isoeléctrico y tienen menos capacidad para retener el agua entre las capas de hidratación (Agrafioti & Katsanidis, 2012).

La duración del cocinado también es muy importante. Por ejemplo, el manto de calamar *Loligo pealei* se debe cocinar a 100 °C durante más de 1 min para gelatinizar el colágeno y ablandar los tejidos musculares, sin embargo, cocinar el manto durante más de 5 min conduce a una deshidratación excesiva (Otwell et al., 1979).

### **3.10.7 Enfriamiento / abatimiento de temperatura**

Tras el cocinado se aplica un proceso de abatimiento rápido de la temperatura para conseguir que la temperatura del producto baje de unos 90°C a unos 20°C antes de entrar en el túnel de congelación e intentar reducir así el contraste térmico, el gasto energético y el riesgo microbiano. Se lleva a cabo un shock térmico en enfriadores tipo túnel o torre a una temperatura menor o igual a 4.4°C durante 3 min usando agua potable con un nivel de cloro residual libre de 0.5-1 ppm para poder inactivar bacterias mesófilas (Farfán & Luz, 2022).

### **3.10.8 Corte**

Una vez enfriado, el tentáculo de calamar se corta en pequeños trozos o en rodajas uniformes. Para ello es necesario contar con personal capacitado y entrenado en la labor del corte y el manejo de equipos, ya que esto influye directamente sobre el rendimiento y la calidad del producto (Atahuasi, 2017).

### **3.10.9 Congelación**

La congelación de los productos cocinados se suele realizar en continuo por corriente de aire y otros procedimientos descritos en el punto 3.6.3

### **3.10.10. Glaseado**

El glaseado consigue envolver el producto con una capa de hielo con el objeto de proteger a los productos congelados frente a los procesos de oxidación y rancidez (Žoldoš et al., 2011). La capa de hielo envolvente permite frenar el intercambio de sustancias y aislar al alimento del contacto con el oxígeno. Además, mejora la presentación del producto al desarrollar un brillo de gran atractivo comercial. Se puede realizar en una o varias etapas. al finalizar el recorrido del túnel de congelación. El producto puede pasar por varios glaseadores separados por una cinta de secado para que se fije mejor la capa de hielo en el producto. Los glaseadores contienen agua osmotizada a temperatura de 0°C y la velocidad se ajusta para que el producto adquiera la cobertura deseada.

---

### 3.10.11. Envasado

El empleo de envases busca proteger a los productos, pero también aportar la máxima comodidad para el consumidor, facilitar el transporte y almacenamiento y, por supuesto, captar el interés del público. Las técnicas de envasado de los alimentos se han ido perfeccionando para garantizar mejor la seguridad alimentaria y cubrir la actual demanda social de alargar la vida útil de los alimentos, protegiéndolos de daños físicos, microbiológicos y de la contaminación. Ha sido necesario un gran avance tecnológico para facilitar el transporte, almacenaje y conservación de los alimentos, tanto en almacenes, como en el hogar (Arcos-Coba & Marín-Cucalón, 2021).

El envase permite ofertar productos higiénicamente frescos lo que lleva a la diversificación métodos de envasado, uniendo el interés del consumidor por la seguridad alimentaria. Los productos de la pesca son productos perecederos, por ello se implementará la técnica de envasado al vacío, que consiste en la eliminación total del aire dentro del envase, sin que sea remplazado por otro gas. Este método de envasado se emplea actualmente para distintos tipos de productos: carnes frescas, pescado, etc.

El material más utilizado para la fabricar envases de alimentos es el plástico, por su bajo costo y alta funcionalidad en comparación con otros materiales (Sández et al., 2021). El plástico supone el 60% de los envases utilizados en la industria de alimentos. Entre sus ventajas se encuentran la ligereza, versatilidad, transformación, transparencia, y fácil combinación con otros materiales, entre otros (Garcerant, 2019).

En la actualidad, los sistemas de envasado para alimentos han ido evolucionando como respuesta a las exigencias de los consumidores y a los cambios en el estilo de vida. La creciente demanda de productos naturales, de mayor calidad y a la vez con mayor vida útil ha provocado que el envasado adquiera un papel fundamental en la preservación de los alimentos. Para mantener el estado natural se acude a distintas técnicas de envasado como, por ejemplo: vacío, atmósfera controlada y atmósfera modificada. De esta forma se logra preservar y proteger el alimento durante períodos de tiempo más prolongados (López et al., 2004).

Podemos encontrar los siguientes tipos de envasado:

#### **Envasado aeróbico**

El envase plástico o de otros materiales se usa principalmente para proteger al producto del exterior, evitando contaminaciones cruzadas. Además, es uno de los más empleados para todo tipo de productos

### **Envasado al vacío**

Gracias a este método de envasado, se elimina el aire que rodea al alimento, lo que reduce su degradación y la proliferación de microorganismos. Por otro lado, hay que destacar que apenas modifica las propiedades del producto, lo que garantiza su sabor o textura.

### **Envasado en atmósferas controladas (EAC)**

El alimento se encuentra envasado rodeado de una atmósfera gaseosa interna que permanece inalterada toda la vida útil del producto. Su composición suele incluir nitrógeno y dióxido de carbono.

### **Envasado en atmósferas modificadas (EAM)**

Al igual que en el caso anterior, el envasado en atmósferas modificadas también sustituye el aire que envuelve un alimento por un gas o mezcla de gases. Por lo general, suelen ser el oxígeno, el nitrógeno y el dióxido de carbono. La diferencia reside en que esta composición se ajusta en el momento del envasado.

La conservación en condiciones óptimas de los productos transformados de la pesca requiere de un control estricto de la temperatura de almacenamiento. Las tecnologías más frecuentes usadas para envasar estos productos son el vacío, el vacío “segunda piel” y la atmósfera modificada.

Con este tipo de técnicas se consiguen las siguientes ventajas:

- Prolongar la vida útil frente a envasado en aire.
- Reducir o eliminar procesos de conservación complementarios con aditivos.
- Facilitar la gestión en almacenes.
- Se obtiene una mejor conservación.

El formato prevalente para productos de pescado y marisco comprende un envase primario plástico de uso alimentario para que el contacto con el alimento no sea dañino, generalmente fabricado con polietileno de baja densidad (PEBD) o polietileno de alta densidad (PEAD) y un envase secundario que suele ser de cartón corrugado. La **tabla 10** muestra los materiales termoplásticos tradicionalmente utilizados en la fabricación de envases para alimentos.

---

**Tabla 10.** Materiales termoplásticos utilizados en la fabricación de envases de alimentos.

<b>Material</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Aplicaciones</b>
Polietileno de alta densidad	PEAD	Botellas
Polietileno de baja densidad	PEBD	Películas, Bolsas
Poli(etilentereftalato)	PET	Botellas
Poliestireno	PS	Bandejas, Tarrinas
Polipropileno	PP	Películas flexibles
Poli (cloruro de vinilo)	PVC	Películas flexibles

Fuente:(Campos, 2017).

### **3.11. Problemática en la fabricación del potón y posibles acciones de mejora**

#### **3.11.1 Producto crudo**

##### **3.11.1.1. Contaminación por metales pesados**

Con más o menos fundamento científico, en los últimos años se viene asociando el consumo de pescado y marisco a un alto riesgo de ingesta de metales tóxicos, con la consiguiente alarma entre los consumidores. Existe una idea creciente de que los mariscos pueden provenir de aguas cada vez más contaminadas, por lo que su consumo a menudo se percibe como un peligro potencial para la salud (Catsiki & Stroglyoudi, 1999; Llobet et al., 2003; Leblanc et al., 2005).

La mayor parte de los minerales que contienen los productos transformados de la pesca son esenciales para el ser humano, formando parte del valor nutritivo de productos como el calamar. No obstante, ciertos metales como Hg, Cd y Pb, entre otros, están considerados como un riesgo para la salud por sus implicaciones toxicológicas. En el caso de los cefalópodos, la acumulación de metales depende del tipo de animal (especie, variedad, edad, tejidos específicos), pero también de factores ambientales como el grado de contaminación del agua en la zona de pesca (Duysak & Ugurlu, 2017). Muchas aguas costeras están cada vez más contaminadas por la descarga de residuos industriales, de modo que los metales acumulados pueden pasar a la cadena trófica humana a través del consumo de animales acuáticos afectados y llegar a resultar tóxicos.

La mayoría de los datos disponibles sobre la presencia de metales pesados corresponden a cefalópodos crudos (Domingo, 2011). Los seres humanos vienen generando metales pesados a causa de muchas actividades diferentes desde hace miles de años. Este uso influye en el potencial de efectos sobre la salud en al menos dos formas principales: primero, por transporte ambiental, es decir, por contribuciones humanas o antropogénicas al aire, el agua, el suelo y los alimentos, y segundo, por la alteración de la especiación o forma bioquímica del elemento (Castro-González & Méndez-Armenta, 2008).

Aunque se conocen desde hace mucho tiempo varios efectos adversos para la salud de los metales pesados, la exposición a estos elementos parece continuar, en particular, en los países menos desarrollados, mientras que la introducción de medidas de control medioambiental ha disminuido las emisiones de metales tóxicos en la mayoría de los países desarrollados durante los últimos 100 años (Järup, 2003).

Debido a su persistencia de toxicidad y tendencia a acumularse en agua y sedimentos, los metales pesados se convierten en venenos severos para todos los organismos vivos (Has-Schön et al., 2006). El nivel de bioacumulación de metales pesados en los tejidos de los productos de la pesca está influido por factores bióticos y abióticos, como el hábitat biológico, la forma química del metal en el agua, la temperatura del agua y el valor del

---

pH, la concentración de oxígeno disuelto, la transparencia del agua, así como la edad de los ejemplares, género, masa corporal y condiciones fisiológicas (Has-Schön et al., 2006).

Varios estudios han advertido sobre la tendencia de los cefalópodos a acumular metales pesados tóxicos, como Hg, Cd y Pb (Perelló et al., 2008; Storelli et al., 2012). Estos tres metales pesados no tienen un papel conocido en los sistemas biológicos y pueden ser tóxicos incluso en bajas concentraciones cuando se ingieren durante mucho tiempo (Carvalho et al., 2005; Domingo et al., 2006). La exposición a altos niveles de Hg puede dañar el cerebro, los riñones y el feto en desarrollo (Azlan et al., 2012), el Cd es principalmente tóxico para el riñón, puede causar la desmineralización de los huesos y ha sido clasificado como potencialmente cancerígeno (Jaishankar, et al., 2014), mientras que la exposición al Pb puede causar disfunción renal y daño cerebral, entre otros problemas de salud (Farraj et al., 2011). Además, los cefalópodos pueden acumular otros oligoelementos responsables de otros trastornos de la salud, como el As (Jiao et al., 2018), un agente prominentemente tóxico y cancerígeno (Storelli, et al., 2005; Domingo, et al., 2006), cuya exposición a largo plazo puede conducir a la formación de lesiones cutáneas, cánceres internos, problemas neurológicos, enfermedades pulmonares, enfermedades vasculares periféricas, hipertensión, enfermedades cardiovasculares y diabetes mellitus (Smith, et al., 2000).

En este sentido, muchas aguas costeras están cada vez más contaminadas por el vertido de residuos industriales (Azlan et al., 2012). Las principales fuentes de los metales pesados acumulados en los cefalópodos son las actividades antropogénicas (procesos de fundición, quema de combustibles, etc.) en las zonas donde son capturados (Ayas et al., 2007; Mendil & Uluözlü, 2007).

Los cefalópodos son capaces de crecer y reproducirse en ambientes contaminados que contienen metales tóxicos, los cuales son absorbidos, metabolizados y acumulados gradualmente (Younis et al., 2015). Cuando se examinaron diferentes tejidos (músculos, hígado y branquias) afectados por la bioacumulación de metales para evaluar el riesgo, los animales marinos estrechamente relacionados con los sedimentos, como el calamar, mostraron una acumulación relativamente alta de metales pesados, por lo que se consideran buenos indicadores en el seguimiento a largo plazo de la contaminación por metales en el medio marino (Agusa et al., 2007; Vilizzi & Tarkan, 2016).

Las plantas elaboradoras de productos de calamar ubicadas en países desarrollados dependen cada vez más de las materias primas de las pesquerías del Pacífico (Torres-Arreola et al., 2017), y la industria pesquera está interesada en conocer las implicaciones nutricionales de la pesca y del consumo de productos a base de calamar. Sin embargo, la mayoría de los estudios disponibles sobre los niveles de acumulación e ingesta dietética de oligoelementos a través del consumo de productos del mar se centran en animales enteros (Domingo et al., 2006) y, por tanto, no dan una idea exacta de los minerales contenidos en las partes comestibles de los mismos.

El contenido de minerales, esenciales y tóxicos, puede variar durante el procesado del marisco. La evisceración elimina los minerales contenidos en el hígado y otros órganos, mientras que otros tratamientos aplicados a las partes comestibles pueden favorecer el intercambio de minerales a través de exudados, medios de maceración o caldos de cocción. Además, las pérdidas de jugo por cocción pueden concentrar los minerales inicialmente presentes en las materias primas (Kalogeropoulos et al., 2012; Czech & Stachyra, 2013). Conocer el contenido mineral del potón permite establecer los niveles de ingesta recomendados y prevenir riesgos toxicológicos.

La mayor parte de la información disponible sobre el contenido mineral de los productos de calamar cocinado corresponde a estudios de contaminación por metales tóxicos en calamar entero. Eviscerado o no, el contenido mineral del calamar puede cambiar durante la descongelación, maceración y cocción. La descongelación en un tanque con drenaje puede favorecer la lixiviación de minerales, mientras que no está claro si la maceración con sales de sodio puede contribuir a retener o eliminar determinados minerales disueltos. Por la misma razón, el caldo de cocción también puede intercambiar minerales con los calamares macerados.

Las implicaciones nutricionales del consumo de calamar son importantes, en particular cualquier conocimiento sobre la ingesta de metales pesados tóxicos (Storelli et al., 2012). El requerimiento dietético de un micronutriente se define como un nivel de ingesta que cumple con los criterios específicos relacionados con la adecuación, minimizando así el riesgo de déficit o exceso de nutrientes (Guía dietética recomendada, 2006).

La ingesta diaria recomendada de minerales (en inglés, DRI, Daily Recommended Intake) se puede estimar a partir de los siguientes índices nutricionales:

EAR (Estimated Average Requirement): nivel promedio de ingesta diaria de nutrientes que se estima satisface los requisitos de la mitad de las personas sanas en una etapa de la vida y un grupo de género en particular.

RDA (Recommended Dietary Allowance): nivel promedio de ingesta diaria de nutrientes en la dieta que es suficiente para satisfacer los requisitos de nutrientes de casi todas las personas sanas (97 a 98 por ciento) en una etapa de la vida y un grupo de género en particular.

AI (Adequate Intake): nivel promedio de ingesta diaria recomendado basado en aproximaciones o estimaciones determinadas experimentalmente de la ingesta de nutrientes por un grupo (o grupos) de personas aparentemente sanas que se supone que son adecuadas; se utiliza cuando no se puede determinar una dosis diaria recomendada.

UL (Tolerable Upper Intake Level): nivel más alto promedio de ingesta diaria de nutrientes que probablemente no represente un riesgo de efectos adversos para la salud de casi todos los individuos de la población general. A medida que la ingesta aumenta por encima del UL, el riesgo potencial de efectos adversos puede aumentar.

---

No obstante, los cálculos basados en el contenido total de minerales no consideran otros posibles factores que afectan su bioaccesibilidad (desnaturalización y desmetilación de metaloproteínas musculares) (Ouédraogo & Amyot, 2011).

En relación con este problema, la industria necesita asegurar que los productos de potón no contienen niveles peligrosos de minerales tóxicos, incluyendo metales pesados y otros minerales como el arsénico, así como poner en valor la aportación de minerales esenciales que supone la ingesta de este tipo de productos. La maceración con sales sódicas evidentemente va a incrementar la ingesta de sodio y posiblemente de otros minerales a través de estos productos, cuestión que habrá que cuantificar. El uso de determinados aditivos que incluyen sales podría modificar la cantidad de minerales presentes en los productos transformados de potón.

Todo ello aconseja comprobar el contenido mineral de las materias primas obtenidas de diferentes zonas de captura y estudiar cómo se modifica el contenido mineral durante el procesado de éstas.

### **3.11.1.2. Contaminación microbiológica**

La congelación inhibe el crecimiento microbiológico, pero no inactiva los microbios presentes en los alimentos. Esto incluye los patógenos presentes por contaminación durante su preparación, manipulación, almacenamiento y procesamiento previos. Estos microorganismos pueden permanecer en estado latente durante el almacenamiento congelado, pudiendo volver a reproducirse en el alimento una vez descongelado, si no son preparados adecuadamente y bajo condiciones de higiene estrictas, y pueden ser un vehículo importante de enfermedades de transmisión alimentaria, especialmente si en su preparación no hay procesos destinados a inactivar microorganismos. Disponiendo de un sistema o plan de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), se deben controlar con toda rigurosidad en este tipo de alimentos (Barreiro & Sandoval, 2006).

Las bacterias patógenas causantes de enfermedades vienen recogidas en el Reglamento 2073/2005 y en la Orden del 2/8/1991, expuestos en la **tabla 11**. Estas sirven como indicadores de higiene y seguridad alimentaria y son analizadas según establezca el plan de muestreo de cada empresa.

**Tabla 11.** Límites de parámetros microbiológicos para cefalópodos cocinados establecidos por legislación europea.

<b>Legislación</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Límite</b>
Orden del 2/8/1991	Mesófilos Aerobios totales	1,0x10 <sup>6</sup> UFC/g
	Enterobacterias	1,0x10 <sup>3</sup> UFC/g
	<i>Salmonella spp</i>	Ausencia en 25 g
Rgto. 2073/2005	<i>Listeria spp</i>	Ausencia en 25 g
	<i>E. coli</i>	<10 UFC/g
	<i>Staphylococcus coag. positivo</i>	<1000 UFC/g

UFC/g: unidad formadora de colonia/gramo

Los calamares son productos procesados en abundancia de agua, lo que facilita la difusión de microorganismos. Además, existen etapas de alto riesgo microbiológico, como, por ejemplo, el eviscerado, que puede contaminar el producto con bacterias digestivas capaces de causar toxiinfecciones alimentarias o alteraciones del producto.

Los calamares se pueden tratar durante la etapa de maceración (tras la descongelación y limpieza) con productos químicos como el peróxido de hidrógeno y diversos ácidos orgánicos para controlar las cargas microbiológicas, aunque hay que extremar las condiciones de higiene durante la fabricación para evitar problemas, en especial, antes del cocinado. Puede transcurrir bastante tiempo hasta que el potón crudo, macerado o no, es tratado térmicamente, envasado y congelado, y, por tanto, su calidad microbiológica debe ser comprobada de forma rutinaria en las empresas.

Las empresas siempre buscan mejorar el control de las cargas microbiológicas de las materias primas y productos procesados a través de aditivos conservantes o de procedimientos de elaboración más higiénicos.

### 3.11.1.3 Pérdida de jugos por congelación-descongelación

En los alimentos crudos congelados parte del líquido orgánico escapa al exterior al descongelarse. Este fenómeno se denomina pérdida por goteo y puede afectar a la textura y el rendimiento. La pérdida de líquidos en la mayoría de los alimentos de origen animal se debe a la desnaturalización irreversible de las proteínas, cuya causa principal es de origen coloidal y osmótica (Arenas-Llerena, 2014). También al efecto directo de los cristales de hielo sobre la estructura muscular. Si el pescado se congela en forma rápida, el tamaño de los cristales de hielo es menor, los daños estructurales también y la exudación de líquido se reduce. Por ejemplo, los productos congelados de pota se envasan en bloques de 10 kilos con un 5-20% de peso adicional por la pérdida de peso por descongelación, de acuerdo con el tipo de producto y los requerimientos de los clientes Aguilar (2016). Teira et al., (2004), indican que, dependiendo del sistema de congelación y las condiciones de descongelación empleados, las pérdidas del calamar por exudado pueden situarse entre 0,3 y 1,5%.

---

Por razones logísticas, los calamares se congelan y descongelan antes de ser procesados en las factorías de productos transformados. Por tanto, el producto pierde una parte de sus jugos antes de ser cocinado, lo que puede afectar negativamente a su textura, más en calamares de gran tamaño donde la carne tiene peores propiedades de masticabilidad. Este problema puede ser agravado por el tratamiento en origen de los calamares frescos con productos como fosfatos para incrementar artificialmente la retención de agua y el peso del producto antes de su congelación.

Este problema puede corregirse con aditivos. Un aditivo alimentario es una sustancia que no se consume como alimento, ni se usa como ingrediente, tenga o no valor nutritivo, de cuya adición al alimento con fines tecnológicos. En el caso de los calamares, la mayoría de los aditivos comerciales corresponden a reguladores de acidez, estabilizadores y sinérgicos de antioxidantes, entre otras. Hoy en día, la maceración es imprescindible para controlar las mermas de peso y la textura de los productos de calamar.

Uno de los aspectos a considerar es el potencial tóxico de los productos transformados como consecuencia de la utilización de los aditivos en exceso. Las sales de maceración se emplean a dosis *quantum satis* y no requieren de un control exhaustivo para no generar lotes inapropiados.

Otro aspecto a destacar es que una mala práctica de maceración puede conducir a variaciones en el rendimiento y la calidad sensorial del producto final. Los métodos de transformación de cefalópodos pueden variar, pero estas transformaciones no siempre hacen que las características sensoriales de estos se mantengan o incluso mejoren, sino por lo contrario, que empeoren, como es en el caso de la textura.

Con la finalidad de reducir la dureza de la carne, se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios basados en aplicar métodos mecánicos, químicos y enzimáticos, e, incluso, la combinación de ellos. Con independencia de si se usa maceración por inmersión, inyección u otros tratamientos, la principal cuestión por dilucidar es como obtener un buen balance entre la cantidad de líquidos y electrolitos retenidos por el calamar descongelado y su posterior pérdida tras el cocinado. Incorporar líquidos o disoluciones que no se pueden retener es incongruente y puede conllevar una lixiviación adicional de compuestos solubles en agua, como minerales y proteínas. La eficacia de un medio de maceración se basa sobre todo en su concentración de sales sódicas, en particular, del cloruro de sodio, pero también en el control del pH muscular con citrato de sodio y, en ocasiones, fosfatos, hasta 5000 ppm. Un incremento en la concentración de citrato de sodio, un aditivo tamponador del pH, retentor de agua y sinérgico de antioxidante, en el medio de maceración, podría contribuir a mejorar la eficiencia de la maceración del músculo de potón.

El empleo de técnicas alternativas de maceración por inyección, con o sin enzimas, podría mejorar el rendimiento y calidad del potón cocinado.

#### 3.11.1.4. Olor y sabor desagradable

La carne cruda de potón puede desarrollar un sabor "ácido-amargo" y, sobre todo, un olor "amoniacal" intenso que puede provocar rechazo en el consumidor, reduciendo su potencial de comercialización. Estas peculiaridades se deben a la presencia de altos niveles de nitrógeno no proteico, bases volátiles nitrogenadas, compuestos de naturaleza peptídica y aminoácidos y cloruro de amonio (Cari-Ortiz, 2017). El cloruro de amonio, junto a algunos péptidos ricos en aminoácidos hidrofóbicos, son los principales responsables del sabor amargo en la carne de potón y pota, que se percibe sobre todo en el producto cocinado en el momento de su consumo. Este sabor desagradable reduce la aceptabilidad y el potencial económico de la especie, por lo que productores y comercializadores buscan continuamente nuevos métodos de procesado para eliminar este problema.

El sabor ácido, por otro lado, es debido a la formación de ácidos orgánicos derivados de su metabolismo (cítrico, succínico, pirúvico, etc.). A diferencia de la mayoría de los animales, la acidez *postmortem* en el potón, no se debe a la acumulación de ácido láctico, ya su metabolismo anaeróbico conlleva la formación de octopina, un derivado de los aminoácidos arginina y alanina que contiene dos grupos carboxilo. Dado su rápido crecimiento, estos calamares poseen una gran actividad catabólica que también lleva a la formación de considerables concentraciones de ácidos orgánicos en comparación con otras especies (Oannes, 2006.)

Para que los productos de calamar gigante sean mejor aceptados por los consumidores, es necesario disminuir los niveles de acidez en el mismo. La industria pesquera utiliza correctores de acidez para alcanzar un pH lo más cercano a 7 en el menor tiempo posible sin afectar negativamente a las características sensoriales del producto (Purizaca-Garcia, 2012). Las soluciones ligeramente alcalinas (dadas por fosfatos y/o citratos) ayudan a su vez a desplazar el equilibrio de iones hidrógeno hacia el lado neutro, quitándole el sabor ácido a la carne (Oannes, 2006). Cuando el potón se sumerge en soluciones ligeramente alcalinas, el cloruro de amonio se volatiliza en forma de amoniaco disminuyendo el amargor de la carne, de allí la importancia de agitar de forma periódica el producto sumergido en la solución a fin de facilitar la volatilización del amoniaco.

Las especies más grandes son las que presentan un sabor amargo más prominente. Ello es porque la concentración de cloruro de amonio es proporcional al tamaño del espécimen (Sánchez, 2002; Maza et al., 2003) y está relacionada con las funciones fisiológicas y metabólicas del animal (Maza et al., 2007), ya que sirve como un osmorregulador que permite controlar la densidad de su cuerpo, además de realizar eficazmente su nado y flotación (Lida et al., 1992,). En la **tabla 12** se exponen las diferentes formas en las que el nitrógeno puede estar presente en el potón.

**Tabla 12.** Valores de nitrógeno total (NT), nitrógeno no proteico (NNP), nitrógeno básico volátil (BVN), nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), humedad y pH en especímenes de potón de diferentes tallas.

PM (kg)	LM(cm)	NT	NNP	BVN	Humedad	N-NH <sub>4</sub>	pH
0,95	37,70	2,76 ± 0,01	0,84 ± 0,01	81,0 ± 0,8	79,4 ± 0,0	77,1 ± 0,0	6,25 ± 0,0
2,60	49,50	1,97 ± 0,11	0,86 ± 0,07	294,7 ± 3,8	87,8 ± 0,04	277,4 ± 3,5	6,45 ± 0,0
2,85	57,00	2,65 ± 0,02	0,84 ± 0,01	73,8 ± 3,3	79,4 ± 0,09	77,4 ± 0,0	6,18 ± 0,04
3,80	58,50	2,70 ± 0,08	0,95 ± 0,18	119,3 ± 8,8	82,1 ± 0,13	154,9 ± 0,3	6,25 ± 0,0
5,10	61,30	3,05 ± 0,01	1,02 ± 0,05	47,4 ± 2,1	79,2 ± 0,15	97,4 ± 0,2	6,38 ± 0,04
5,60	64,00	2,63 ± 0,03	0,58 ± 0,04	106,2 ± 6,8	82,3 ± 0,36	124,4 ± 6,8	6,45 ± 0,0
7,20	66,00	3,17 ± 0,19	2,04 ± 0,06	183,5 ± 7,7	81,8 ± 0,03	182,5 ± 7,6	6,31 ± 0,01
8,00	69,00	3,00 ± 0,13	1,93 ± 0,02	183,5 ± 19,5	82,2 ± 0,08	141,1 ± 30,7	6,28 ± 0,04
10,30	75,00	1,74 ± 0,05	0,82 ± 0,07	325,9 ± 3,9	89,1 ± 0,03	306,5 ± 0,2	6,35 ± 0,0
14,20	81,00	2,69 ± 0,07	1,93 ± 0,01	313,3 ± 21,8	85,7 ± 0,56	278,6 ± 57,6	6,28 ± 0,04
16,40	87,00	2,67 ± 0,06	2,02 ± 0,05	270,6 ± 3,4	85,2 ± 0,35	293,2 ± 29,9	6,05 ± 0,0
26,70	100,00	1,89 ± 0,06	0,86 ± 0,10	340,8 ± 13,3	88,5 ± 0,53	309,7 ± 1,3	6,2 ± 0,0
30,40	120,00	2,67 ± 0,05	0,86 ± 0,17	144,0 ± 10,8	89,0 ± 0,14	303,9 ± 15,3	6,38 ± 0,04

Fuente: Maza et al., (2007).

El óxido de trimetilamina (OTMA) es un compuesto natural de los tejidos de organismos marinos, siendo más abundante en diferentes especies de elasmobranchios y calamares que en el pescado, donde se cree que actúa como osmoregulador (Maza, 2007) y/o para contrarrestar el efecto desnaturalizante de la urea, usualmente presente en altas concentraciones en tiburones y rayas. Se ha postulado que este compuesto puede actuar como un “anticongelante” natural, sin embargo, durante la congelación el OTMA se descompone en dimetilamina y formaldehído por medio de la enzima trimetilamina-N-óxido demetilasa (Lanier et al., 2005).

La presencia de formaldehído está asociado a la formación de enlaces cruzados entre proteínas, desnaturalización y cambios en la estructura secundaria de la miosina (Torrejón et al., 1999). Esto tiene un efecto negativo en la funcionalidad de las proteínas, especialmente en términos de solubilidad, capacidad gelificante y viscosidad (Reynolds et al., 2006). En diversos estudios, se ha logrado reducir la producción de formaldehído durante la congelación mediante la utilización de diferentes compuestos que actúan como inhibidores de la OTMA demetilasa (Leelapongwattana et al., 2008).

El uso de aditivos que aumenten el pH podría contribuir a reducir este problema, siendo necesario comprobar su influencia sobre los niveles de retención de amonio.

### 3.11.1.5. Quemaduras por congelación

La quemadura por frío es una gran desecación superficial en un alimento congelado, que produce alteraciones irreversibles. Aparecen manchas de color oscuro en la superficie del tejido al ir concentrándose y oxidándose los pigmentos de las capas más superficiales. También aparecen zonas blanco-grisáceas debidas a los huecos dejados por el hielo después de su sublimación. Si el fenómeno se mantiene durante suficiente tiempo, las capas superficiales se van esponjando y empiezan a deshidratarse las inferiores. Si la quemadura es pequeña, el fenómeno es reversible por exposición a la humedad y rehidratación. Si la quemadura ha sido por el contrario más profunda y se han producido oxidaciones u otros cambios químicos, ya no son reversibles.

Las quemaduras por frío causan una pérdida de valor de los productos de calamar porque afectan negativamente a algunas de sus principales características sensoriales, como la apariencia o la textura (Duran et al., 2008). La prevención de este problema pasa por usar métodos de congelación que no deshidraten excesivamente la superficie del producto, como sucede en las cámaras convencionales con sistema de convección de aire. Cualquier entrada de aire caliente al interior del producto congelado da lugar a un gradiente de temperatura entre el aire frío interno y el caliente que penetra. Cuando el aire se calienta aumenta su capacidad para absorber humedad. En una cámara de congelación, la única fuente de humedad disponible es el hielo contenido en los alimentos congelados. El aire caliente toma la humedad de los alimentos protegidos deficientemente, desecándolos, la cual es depositada por sublimación al enfriarse el aire en las superficies frías del congelador. El glaseado evita este problema.

Previo a este estudio, se venía realizando un glaseado convencional, utilizando agua osmotizada para crear una capa de protección en el potón congelado. Los resultados del glaseado podrían ser mejorados empleando un agente glaseante que aporte más resistencia y un mejor aspecto visual. Habrá que tener en cuenta estas ventajas frente a la obligación de añadir más productos químicos que deben ser declarados en el etiquetado.

### 3.11.1.6. Oscurecimiento y otras alteraciones por oxidación

La oxidación es, tras el deterioro microbiológico, el factor que limita la vida útil de los cefalópodos. La industria alimentaria intenta evitar la oxidación de los alimentos utilizando diversas técnicas, que van desde el envasado al vacío hasta el uso de antioxidantes. La oxidación de la grasa genera olores y sabores rancios y una coloración amarillenta, en ambos casos como resultado de la adición de oxígeno a los ácidos grasos insaturados, tan abundantes en las especies marinas. Este fenómeno puede adquirir gran importancia en la medida que el periodo de conservación se alarga (Aubourg et al., 2016).

---

Tras la muerte, los cefalópodos pierden su tono natural y en algunos casos enrojecen. Konno et al., (2003) estudiaron los cambios de color que se producen en la piel del manto de *Todarodes pacificus*. Relacionaron los cambios producidos con la expansión de los cromatóforos localizados en la epidermis de esta especie. En los calamares recién muertos se observa una serie de puntos negros diseminados en la superficie de la piel, en las zonas libres de estos es posible apreciar la traslucidez del músculo. El color oscuro se extiende tras 12-24 horas a 0° C debido a la contracción de los músculos que rodean a los melanóforos. La coloración negra se va perdiendo gradualmente a las 48 horas probablemente debido a la contracción de los melanóforos que acompaña a la relajación de las fibras musculares de los cromatóforos.

Para poder evaluar los calamares destinados a ser consumidos crudos (sashimi), estos autores también estudiaron la traslucidez del músculo del manto y señalaron que el músculo de calamar vivo es traslucido y su turbidez aumenta drásticamente en las primeras 24 horas posteriores a la muerte. Este fenómeno se debería al solapamiento de los filamentos de actina y miosina durante la contracción muscular. El enturbiamiento muscular se entorpece durante el *Rigor Mortis*. Otro factor que influye en el aumento de la turbidez es la desnaturalización proteica (De La Fuente-Betancourt et al., 2008)

Los aditivos antioxidantes retrasan la alteración oxidativa del alimento, pero no la evita de una forma definitiva. Es más, el uso de antioxidantes en cantidades o en condiciones inadecuadas puede incluso acelerar la oxidación. Algunos aditivos alimentarios usados en moluscos (por ejemplo, los sulfitos) tienen una cierta acción antioxidante, además de la acción primaria para la que específicamente se utilizan.

Actualmente se utilizan aditivos que mejoran la textura y el sabor del potón, además de proteger contra la oxidación. Estos aditivos consiguen el fin propuesto, pero pueden alterar el color de la carne, haciéndola menos aceptable para el consumidor, siendo deseable encontrar un aditivo que además de mejorar la textura y el sabor, conserve el color natural del potón.

### **3.11.2. Producto cocinado**

#### **3.11.2.1. Textura deficiente debido al cocinado**

La etapa de cocinado es fundamental para la calidad de los productos de calamar, en particular, para su textura. La cocción puede generar cambios no deseables en la textura de los cefalópodos. En general, los tratamientos térmicos alteran los componentes estructurales de la carne a partir de la desnaturalización de las proteínas. Esto da lugar a que los polipéptidos almacenen energía cinética y se rompan las débiles fuerzas intramoleculares que preservan a las proteínas en su estado natural. A medida que se incrementa la temperatura, las proteínas comienzan a desenrollarse, lo que da lugar a la pérdida de sus estructuras terciarias y secundarias. Al final, las proteínas desplegadas

se agregan, como resultado de interacciones no polares y sus enlaces disulfuros se desorganizan modificando sus cadenas laterales (Yu et al., 2017).

La contracción por cocción del calamar puede llegar a alrededor al 30%, dependiendo de cómo se ha conservado la materia prima, siendo mayor en un producto congelado que fresco. Dicha contracción se produce durante los primeros 15 minutos de cocción. Además, la contracción será también mayor para especímenes de mayor tamaño que aquellos de menor tamaño (Melendo et al., 1997). La transferencia de calor en el proceso de cocción de un alimento está influida por características como la densidad, temperatura superficial, evaporación superficial, espesor (distancia entre la superficie y el centro) y forma, su estructura (fibras), su composición, etc. (Noguera et al., 2018).

Diferentes estudios han señalado que la principal queja de los consumidores con respecto al calamar es su textura dura (Collignan & Montet, 1998). La cocción puede afectar de forma distinta a las propiedades funcionales de las proteínas, dando lugar a cambios reológicos que pueden alterar la textura y aceptación. En función del proceso tecnológico en cuestión, las proteínas más afectadas son las proteínas miofibrilares y las proteínas del estroma. La agregación de las proteínas durante la cocción puede provocar que el músculo sea más duro y seco (Valencia-Pérez et al., 2008).

El problema es que a veces resulta difícil estandarizar el cocinado de este producto, ya que el tamaño del potón varía de forma natural y los tiempos no siempre pueden ser ajustados al calibre. Un exceso o defecto de cocción pueden provocar que la textura del producto final sea correosa y de difícil masticabilidad, siendo inaceptable para el consumidor.

La introducción de procedimientos que permitan ajustar mejor las condiciones de cocinado a las materias primas y estandarizar los efectos del calentamiento sobre el rendimiento y la calidad sensorial del producto son objetivo prioritario en las empresas de transformados de calamar. Para ello es necesario comprobar si los parámetros tiempo y temperatura de cocinado establecidos para cada talla son los adecuados o si se deben modificar.

### **3.11.2.2. Alteraciones de sabor debido al cocinado.**

El tratamiento térmico provoca en el alimento modificaciones de aroma y de sabor. Estos se observan a través de los sentidos del olfato y del gusto:

- a. Captación de sabores
- b. Liberación de sustancias volátiles
- c. Desarrollo de sabores característicos, como consecuencia de reacciones químicas.
- d. Volatilización de sustancias aromáticas
- e. Solubilización de sustancias sápidas

---

Una acertada elección de la técnica de cocción permite conseguir una concentración, o una dilución, de los aromas y las sustancias responsables del sabor, según el fin que se persiga. De acuerdo con la técnica empleada, se producen fenómenos de difusión y osmosis que dan lugar a migraciones de componentes, unas veces desde el alimento al medio que le rodea, otras desde éste hacia el interior del alimento, fenómeno importante cuando se utilizan especias y condimentos (Bello-Gutiérrez, 2008).

A nivel industrial, el potón se suele cocinar a temperatura moderada en ambiente húmedo, siendo poco probable que desarrolle sabores amargos a tostado por un exceso de calentamiento. No obstante, una vez cocido, puede ser marcado en un horno. La falta de cocción interna en productos de gran calibre puede producir la persistencia de sabores a calamar crudo o amoniacaes. La cantidad de especias y de sal empleadas es fundamental para dar el sabor característico al producto final. Un exceso o déficit de la cantidad de especias añadidas puede alterar el sabor del producto final. Como se ha comentado, la carne de potón presenta un sabor amargo característico que puede ir a más en el caso de que se cocine sin ningún aditivo o especia. La mezcla de especias empleada es muy importante, ya que aportan propiedades sensoriales específicas.

La cocción del tentáculo de potón con una mezcla de especias y glutamato monosódico podría mejorar el sabor y atenuar la posible acidez, proporcionando un producto final más apetitoso.

### **3.11.2.3. Alteraciones del color**

En el caso del calamar cocinado, el cambio de color obedece al pardeamiento de las estructuras proteicas que han coagulado como consecuencia de su desnaturalización. Cuando se trate de una simple cocción en un líquido acuoso, se producirá solo una desnaturalización e insolubilización proteica. En cambio, cuando se trata de cocciones a la parrilla o en una grasa, hay que contar con pardeamiento como consecuencia de las altas temperaturas alcanzadas (Bello-Gutiérrez, 2008).

La cocción tiene un efecto positivo sobre la blancura del músculo del potón, se vuelve más blanco gracias a que la coagulación de las proteínas aumenta la opacidad del músculo. Dicho color blanco es uno de los atributos sensoriales más comunes y deseables demandados por los consumidores. El músculo del calamar es bajo en grasa y, por tanto, sus cambios de color inducidos por la cocción están escasamente relacionados con la presencia y degradación de compuestos lipofílicos. Al contrario, los cromatóforos como la melanina (pigmentos marrón-negro y púrpura) y la xantomatina (pigmentos amarillentos) están presentes en gran medida en la piel y la tinta de los cefalópodos (Guo et al., 2014). Sin embargo, su presencia en el músculo es insignificante.

Como se ha comentado, el potón se cocina en ambiente húmedo a temperatura moderada y es poco probable que pueda desarrollar tonos pardos. En otros casos, los

cambios de color están relacionados con el cambio de agua de cocción, pues al cocinarse el producto reiteradas veces con la misma agua su color se altera.

Se han usado medidas de reflectancia para estudiar el efecto del tiempo de cocinado sobre distintas piezas del calamar, de momento, con poco éxito (Torres-Arreola et al., 2017). Estos resultados pueden contemplarse en la **tabla 13**. Por tanto, cabe la posibilidad de profundizar en el conocimiento de cómo el tiempo o la temperatura de cocinado podrían influir en la luminosidad y el índice de blancura del potón cocinado, ya que ambos parámetros podrían estar relacionados con la retención de jugos y el grado de gelificación del producto. La **figura 22** muestra los cambios de color del músculo del potón que se producen durante el proceso de cocinado.

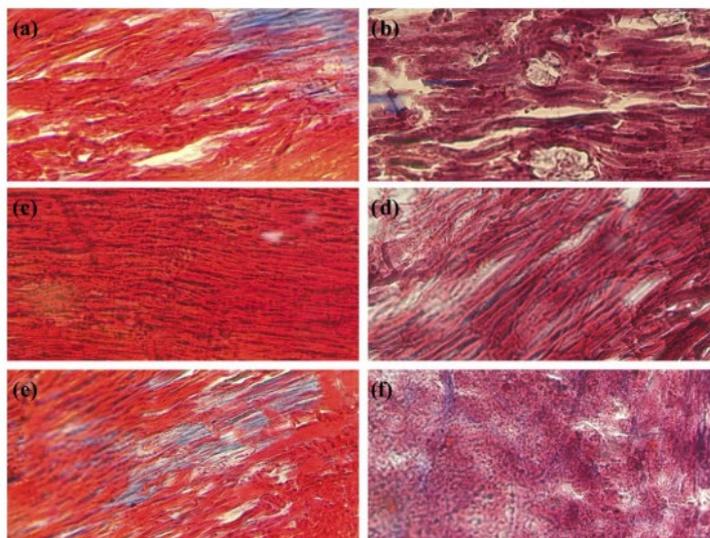
El cocinado del tentáculo de potón se viene realizando con agua de la red que se renueva cada día. Se puede observar como el agua se va coloreando a la vez que se va cargando de materia orgánica a lo largo de la jornada, lo que podría influir en la coloración final del producto. Habría que comprobar si la frecuencia de renovación del agua influye o no en la composición microbiológica y la coloración del producto final.

**Tabla 13.** Cambios en los parámetros de color del músculo del potón durante el proceso de cocinado (Torres-Arreola, et al., 2017).

Heating time (min)	L*	a*	b*	Whiteness index
<b>Fins</b>				
0	59.17 ± 0.66 <sup>b</sup>	14.85 ± 1.02 <sup>a</sup>	7.43 ± 0.26 <sup>a</sup>	88.77 ± 0.11 <sup>b</sup>
10	59.39 ± 0.94 <sup>b</sup>	15.85 ± 0.93 <sup>a</sup>	8.27 ± 0.11 <sup>b</sup>	88.62 ± 0.14 <sup>b</sup>
20	55.12 ± 0.89 <sup>a</sup>	15.32 ± 1.09 <sup>a</sup>	9.47 ± 1.26 <sup>b</sup>	88.20 ± 0.07 <sup>a</sup>
30	61.50 ± 2.38 <sup>b</sup>	14.76 ± 0.63 <sup>a</sup>	9.50 ± 1.61 <sup>b</sup>	88.80 ± 0.19 <sup>b</sup>
<b>Mantle</b>				
0	78.10 ± 1.34 <sup>a</sup>	-3.12 ± 0.23 <sup>a</sup>	2.71 ± 0.39 <sup>a</sup>	93.45 ± 0.24 <sup>c</sup>
10	90.56 ± 0.64 <sup>c</sup>	-0.97 ± 0.38 <sup>b</sup>	8.84 ± 0.79 <sup>b</sup>	94.12 ± 0.11 <sup>d</sup>
20	86.86 ± 2.19 <sup>b</sup>	2.78 ± 0.19 <sup>c</sup>	13.65 ± 0.60 <sup>c</sup>	92.31 ± 0.29 <sup>b</sup>
30	83.50 ± 2.09 <sup>b</sup>	4.83 ± 0.22 <sup>d</sup>	15.62 ± 0.22 <sup>d</sup>	91.41 ± 0.24 <sup>a</sup>
<b>Arms</b>				
0	55.06 ± 1.12 <sup>b</sup>	12.52 ± 0.63 <sup>a</sup>	12.28 ± 0.96 <sup>a</sup>	88.19 ± 0.22 <sup>a</sup>
10	51.39 ± 2.39 <sup>a</sup>	10.72 ± 1.67 <sup>a</sup>	11.73 ± 0.70 <sup>a</sup>	88.08 ± 0.32 <sup>a</sup>
20	53.91 ± 1.51 <sup>ab</sup>	11.33 ± 0.79 <sup>a</sup>	10.97 ± 0.88 <sup>a</sup>	88.31 ± 0.02 <sup>a</sup>
30	51.42 ± 1.76 <sup>a</sup>	11.73 ± 0.57 <sup>a</sup>	10.55 ± 1.70 <sup>a</sup>	88.10 ± 0.32 <sup>a</sup>

---

**Figura 22.** Análisis microscópico de músculo de calamar fresco y cocido (30 min a 100 8C): (a) aleta fresca, (b) aleta cocida, (c) manto fresco, (d) manto cocido, (e) tentáculo fresco, y (f) tentáculo cocido (Torres-Arreola, et al., 2017).



### 3.11.3. Producto cocinado mantenido en congelación

#### 3.11.3.1. Alteraciones por oxidación

Los cefalópodos cocinados se almacenan en un envase primario que suele ser una bolsa de polietileno y un envase secundario que será cartón. Estos envases, además de facilitar su almacenamiento y posterior distribución, tendrán la tarea de preservar el producto en las mejores condiciones sensoriales.

La oxidación de lípidos comienza a desarrollarse en la materia prima y puede producir cambios en el aroma, sabor y color de los alimentos (Fuentes et al., 2010). La oxidación lipídica consiste básicamente en la reacción del oxígeno con los lípidos para formar peróxidos reactivos, que posteriormente se fraccionarán en productos secundarios más estables. La oxidación transcurre mediante una serie de reacciones en cadena. En una primera fase de iniciación, un átomo de hidrogeno es captado de una molécula de ácido graso formando un radical lipídico (L<sup>-</sup>).

La oxidación no se paraliza en el calamar congelado y puede provocar la prematura desnaturalización y agregación de las proteínas miofibrilares. Si esto ocurre, se puede reducir la capacidad gelificante y funcionalidad del músculo (Thanonkaew et al., 2006; Lanier et al., 2005). En músculos magros, como el de ciertas especies de pescado y calamares, la oxidación lipídica se produce principalmente en los fosfolípidos de la membrana (Lanier et al., 2005; Atayeter & Ercoşkun, 2011). Compuestos como el ion hierro y cobre, presente en la mioglobina, hemoglobina y como cofactores de enzimas, pueden actuar como catalizadores y acelerar la oxidación de los lípidos durante la congelación (Thanonkaew et al., 2006).

Ya sea por la formación de compuestos secundarios de la oxidación de lípidos, o por la formación de compuestos nitrogenados de bajo peso molecular, el calamar crudo y cocinado congelado tiene un fuerte componente volátil que puede generar olores y sabores desagradables. Por este motivo, cualquier estrategia que conduzca a disminuir la aparición de olores desagradables sería un avance en el procesado de este producto.

La rodaja de potón cocida congelada se envasa en una bolsa de plástico con almohadilla y aire en su interior. Aunque la vida útil de este formato es de 24 meses, se quiere estudiar otro envase que permita conseguir una vida útil similar en los frigoríficos de los consumidores, menos eficaces que las cámaras frigoríficas industriales. La idea es probar otros envases que mantengan las propiedades sensoriales durante toda la vida útil del producto almacenado en condiciones más desfavorables.

### **3.12. Métodos para evaluar la calidad de los productos de calamar**

La fabricación de cefalópodos congelados requiere identificar y cuantificar cuales son las propiedades que mejor definen sus características de calidad. Esta identificación y cuantificación se puede llevar a cabo mediante la determinación de una serie de parámetros físicos, microbiológicos y sensoriales (Martínez, 2004). Muchos de estos parámetros tienen carácter bromatológico y se encuentran especificados en la legislación vigente.

Existen multitud de métodos para evaluar la calidad de estos alimentos, cuya elección dependerá de factores legales, científicos y económicos. A continuación, se destacan los principales parámetros utilizados para evaluar la calidad de los cefalópodos congelados, así como distintas técnicas mediante las cuales se determinan.

#### **3.12.1. Microbiológicos**

La finalidad de los métodos microbiológicos es ofrecer información sobre la calidad higiénica durante la manipulación, elaboración o almacenamiento del producto, así como de la posible presencia de microorganismos de importancia para la salud pública (Morales et al., 2004).

Según la Organización Mundial de la Salud, las enfermedades transmitidas por microorganismos a través de los alimentos (ETA) para el caso de los pescados surgen debido a una serie de factores tales como: la globalización en la exportación, infecciones de viajeros que al regresar a sus países de origen diseminan la infección, estilos de alimentación, adaptación de los microorganismos, así como la susceptibilidad de cada población (Carrillo & Audisio, 2007).

Los cefalópodos pueden contener cargas relevantes de diversas bacterias alterantes y patógenas, así como otras con propiedades tecnológicas. Todas ellas pueden ser controladas para asegurar la calidad y seguridad alimentaria de estos productos.

---

España tiene normas oficiales que determinan las especificaciones sanitarias para los productos de la pesca. Los microorganismos establecidos por esta norma son: Aerobios mesófilos, Enterobacterias, Salmonella, Listeria, E. coli y Staphylococcus.

Para controlar la presencia de estos microorganismos se utilizan los siguientes métodos de análisis establecidos por la legislación para cefalópodos:

3. Aerobios mesófilos (Método: ISO 4833-1:2013) Siembra en Agar PCA, incubación 30°C 72 h
4. Enterobacterias (Método: ISO 21528-2:2017) Siembra en Agar VRBG, incubación 37°C 24 h
5. *Salmonella* (Método: MET-Mi-*Salmonella*-ELFA-AI) Pre-enriquecimiento en agua de peptona e incubación 37°C 24 h, enriquecimiento selectivo en caldo SX2 e incubación 41,5°C 24 h y análisis mediante VIDAS.
6. *Listeria* (Método: MET-Mi-*L. monocytogenes*-AI) Pre-enriquecimiento en caldo fraser e incubación 30°C 24h y siembra en Agar ALOA, incubación 37°C 48 h
7. *E. coli* (Método: ISO-16649-2:2001) a Siembra en Agar TBX, incubación 45°C 24 h
8. *Staphylococcus* (Método: ISO 6888-1:2021) Siembra en Agar BP, incubación 37°C 48 h

Los requerimientos microbiológicos establecidos en la legislación son de obligado cumplimiento, además, las factorías realizan controles microbiológicos periódicos para prevenir riesgos sanitarios.

### **3.12.2. Físicoquímicos**

Algunos métodos físicoquímicos son no destructivos, sencillos y de fácil aplicación, por lo que resultan útiles en el análisis de rutina y pueden utilizarse fuera del laboratorio. Sin embargo, la información que ofrecen es limitada y son complemento de otro tipo de técnica de evaluación.

#### **3.12.2.1. pH**

Existen numerosos métodos para determinar la calidad del pescado, pero el más usado es la determinación del pH y amoníaco de la carne (Suárez et al., 2008). La determinación de pH es sencilla y se puede realizar directamente con un peachímetro colocando los electrodos dentro de la carne de pescado o dentro de una suspensión de la carne de pescado en agua destilada. Se puede aplicar *in situ*, pero es destructivo (Anderson, 2000).

El tejido de pescado tiene un pH mayor respecto a los tejidos animales de sangre caliente. El pH muscular cercano a la neutralidad es debido a la baja producción de ácido láctico,

consecuencia de la escasa presencia de glucógeno en el músculo, menor al 0,5% (Pan & James, 1985).

La medida del pH se ha usado para determinar la frescura en carne de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Estos autores encontraron valores de pH muscular de 6,94 a 7,07, por debajo del límite de referencia (pH 7,5) (Agüeria et al., 2004). Asimismo, Izquierdo et al. (2001), determinaron el pH muscular en armadillo (*Hipostomus watwata*), bocachico (*Pochilodus reticulatus*) y lisa (*Mugil curema*) encontrando valores de pH muy similares entre las especies de pescado estudiadas (6,40 - 6,66). Además, concluyeron que el pH de los ejemplares estudiados es cercano a 7, lo que favorece el crecimiento bacteriano. Un estudio sobre Tilapia (*Oreochromis spp*), reportó valores de pH de 6,48 al momento de la captura y de 6,53 tras el almacenamiento. Concluyeron que el incremento de pH es el resultado de la formación de amoniaco, aminas producidas por vía autolítica y, por la acción bacteriana de aminoácidos libres (Tomé et al., 2000).

Con independencia del estado de conservación, el valor de pH también puede afectar a las propiedades gelificantes de la carne calamar, por lo que debe ser controlado.

### 3.12.2.2. Bases volátiles totales de nitrógeno

La actividad bacteriana y las modificaciones bioquímicas fruto de la actividad autolítica del pescado dan lugar a la formación de compuestos nitrogenados básicos como el amoniaco, la trimetilamina (expresado como nitrógeno de trimetilamina, NTMA), la dimetilamina (expresado como nitrógeno de dimetilamina, N-DMA) y la monometilamina, conocidas en su conjunto como Nitrógeno Básico Volátil Total (N-BVT), que está considerado como un índice representativo de la alteración del pescado (Adam & Moss, 1997; Huss, 1999).

La determinación de N-BVT presenta una elevada correlación con el grado de aceptación y se aplica en ensayos de rutina debido a que es un método sencillo de aplicar y barato. Un exceso de N-BVT incide en las características sensoriales de la carne que son fácilmente evidenciables (olores pútridos y ácidos; aspecto viscoso y pegajoso de la superficie de la carne, disminución de la consistencia, hinchazón, gelatinosa, blandura y cambio de coloración) (Meyer, 1978; Conell, 1995). El hecho de que con el N-BVT se determine más de una sustancia se puede considerar como índice indicativo de descomposición. Sin embargo, a pesar de que su análisis es sencillo de realizar, ya que algunos de sus compuestos se originan en estados muy avanzados del proceso degradativo (Quispe, 2021), otros autores ponen en duda su validez como índice de frescura y lo proponen como medida o índice de deterioro.

No existe correlación lineal entre el contenido de N-BVT y el tiempo de almacenamiento, ya que se mantiene constante al principio del almacenamiento, aumentando cuando el producto ya está en el límite de aceptabilidad (Pastoriza et al., 1998). Una de las limitaciones del uso del N-BVT como índice de frescura o deterioro, es el hecho de que presenta niveles variables en función de la especie, estación del año, hábitat, procesado,

---

por lo que se tendrían que establecer los niveles de aceptabilidad individualizados para las diferentes familias o especies marinas (Anastasio et al., 1999).

### **3.12.2.3. Amoniaco**

El amoniaco es compuesto más importante entre los compuestos nitrogenados volátiles presentes en los músculos del pescado y marisco, que puede proceder de la desaminación de la creatina, proteínas, péptidos y aminoácidos o de sus compuestos por acción bacteriana. También es producido por la degradación autolítica de adenosina monofosfato en productos marinos enfriados (Huss, 1999).

A pesar de que el amoniaco ha sido identificado como un componente volátil en gran variedad de pescados en deterioro, su cuantificación tiene más utilidad para predecir los cambios finales de la calidad. De esta forma, el amoniaco se presenta como un indicador objetivo potencial de la calidad para pescados que se degradan primariamente por la vía autolítica en lugar de la vía microbiológica (Leblanc, 1987).

### **3.12.4. Sensoriales**

Los métodos sensoriales utilizan los órganos de los sentidos para evaluar características de los alimentos como su aspecto, textura, olor, color, sabor, etc., valorando los cambios desarrollados progresivamente en el alimento hasta su deterioro. En ellos se apoyan los consumidores y los inspectores de los alimentos para determinar la frescura, calidad e idoneidad de los diferentes lotes de pescado (Iniciarte & Moreno, 1991; Morillo et al., 2004).

Los métodos sensoriales no requieren de equipos ni materiales especiales, son rápidos y permiten la valoración simultánea de más de un parámetro en diferentes muestras de pescado. Sin embargo, el resultado está sometido a las impresiones subjetivas del panel de catadores. Asimismo, se han desarrollado numerosos esquemas para el análisis sensorial de especies de pescado (Suárez et al., 2008).

El método del esquema Unión Europea es actualmente es el más utilizado en Europa y algunos países de América para evaluar la calidad en el servicio de inspección y en la industria pesquera. Fue introducido en la Decisión del Consejo No 103/76 enero de 1976 (Huss, 1999). Para la evaluación de la calidad de pescado existen tres niveles de calidad en el esquema UE: E (Extra), A (Buena), 8 (Regular), C (No apto), donde E corresponde a la mayor calidad y por debajo del nivel 8, el producto no es apto para el consumo humano (EEC, 1976).

### 3.13. Generación de subproducto durante el proceso productivo

El aumento de la elaboración de la producción pesquera ha dado lugar a un incremento de las cantidades de subproductos, que pueden representar hasta el 70 % de los productos pesqueros elaborados, dependiendo del tamaño, la especie y el tipo de elaboración. Los subproductos se componen normalmente de cabezas (que representan entre el 9 % y el 12 % del peso total del pescado), vísceras (entre el 12 % y el 18 %), piel (entre el 1 % y el 3 %), espinas (entre el 9 % y el 15 %) y escamas (alrededor del 5 %). Tradicionalmente, los subproductos de la pesca a menudo se destinaban a la producción de harina de pescado o se desechaban como desperdicios, lo que provocaba pérdidas económicas y problemas ambientales. La elaboración de subproductos a menudo plantea importantes desafíos ambientales y técnicos debido a la elevada carga microbiana y enzimática de la materia prima y a su susceptibilidad a una degradación rápida a menos que se elaboren o almacenen adecuadamente.

El desarrollo de nuevos ingredientes o nuevos productos en diversas formas a partir de subproductos del pescado ofrece una alternativa potencialmente válida para aumentar el valor añadido de los productos, evitar pérdidas económicas, reducir las repercusiones ambientales y aportar a los consumidores alimentos nutritivos, de bajo costo, cómodos y con una vida útil más estable (FAO, 2022)

Una parte cada vez mayor de subproductos se emplea con fines alimentarios y no alimentarios. Por ejemplo, más del 27 % de la producción mundial de harina de pescado y el 48 % de la producción total de aceite de pescado se obtuvieron de subproductos.

Se está produciendo un porcentaje cada vez mayor de harina y aceite de pescado empleando subproductos pesqueros procedentes de la elaboración de productos de la pesca de captura y la acuicultura con una repercusión positiva en la reducción de los desperdicios. Según la IFFO (Organización de Ingredientes Marinos), en 2020 el 27 % de la producción mundial de harina de pescado y el 48 % de la producción total de aceite de pescado procedieron de subproductos (IFFO, 2021).

---

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. Objetivo general**

El objetivo general fue establecer diferentes estrategias de mejora tecnológica para el tentáculo o pata de potón, crudo y cocinado, fabricado según los procedimientos de la empresa colaboradora.

Para cumplir este objetivo general se hizo un estudio previo de los posibles factores que podían afectar a la calidad del producto, se identificaron posibles estrategias de control y mejora, y se establecieron una serie de actividades de investigación industrial relacionadas con los siguientes aspectos:

1. Instalaciones, líneas de procesado y equipos.
2. Calidad de las materias primas utilizadas (origen, tamaño, etc.).
3. Procedimientos de fabricación (descongelación, maceración, cocinado, envasado, etc.).
4. Procedimientos de control de calidad para materias primas y producto final (microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales).

### **4.2. Objetivos específicos**

Los objetivos técnicos específicos fueron los siguientes:

1. Realizar una reorganización preliminar de las instalaciones y los procedimientos de fabricación que facilite la introducción de medidas de mejora tecnológica en la factoría.
2. Mejorar el rendimiento del tratamiento de maceración (retención de jugos) mediante el empleo de diferentes técnicas (inmersión vs. inyección) y medios de maceración.
3. Estudiar los cambios de la composición proximal del potón debidos al origen de la materia prima (zona de pesca en el océano Pacífico), el tratamiento de maceración con sales sódicas y el cocinado.
4. Determinar posibles variaciones en el contenido en minerales (tóxicos y esenciales) del potón debidas al origen de la materia prima (zona de pesca en el océano Pacífico), el tratamiento de maceración con sales sódicas y el cocinado. Establecer los porcentajes de ingesta de minerales y los riesgos toxicológicos asociados al consumo de potón cocinado.

- 
5. Mejorar la estabilidad del color y reducir el olor amoniacal en el potón crudo mediante el empleo de fosfatos, carbonatos y/o citratos
  6. Identificar las condiciones de tiempo y temperatura en el túnel de cocción que proporcionan una mejor textura al potón cocinado.
  7. Determinar cómo afecta la frecuencia de sustitución del caldo en el túnel de cocción al color final del potón cocinado.
  8. Mejorar el sabor del potón cocinado mediante el uso de preparados culinarios a base de especias y glutamato monosódico.
  9. Estudiar el efecto de la Congelación por nitrógeno líquido para mejorar la textura y el color.
  10. Mejorar la eficacia de la técnica de glaseado del potón cocinado mediante agentes que reduzcan la aparición de quemaduras por congelación.
  11. Mejorar la estabilidad oxidativa y extender la vida comercial del potón cocinado congelado mediante el uso de bandeja skin y envasado al vacío.

Dichos objetivos técnicos específicos corresponden a los onces ensayos de investigación incluidos en el apartado de resultados y discusión de la presente tesis doctoral.

## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. Plan de trabajo

El trabajo se planificó en 12 etapas correspondientes al proyecto de investigación industrial desarrollado en la empresa colaboradora. El apartado de objetivos muestra los ensayos realizados. A continuación, se muestra el esquema de trabajo seguido (**figura 23**).

**Figura 23.** Esquema de trabajo del proyecto de investigación industrial.



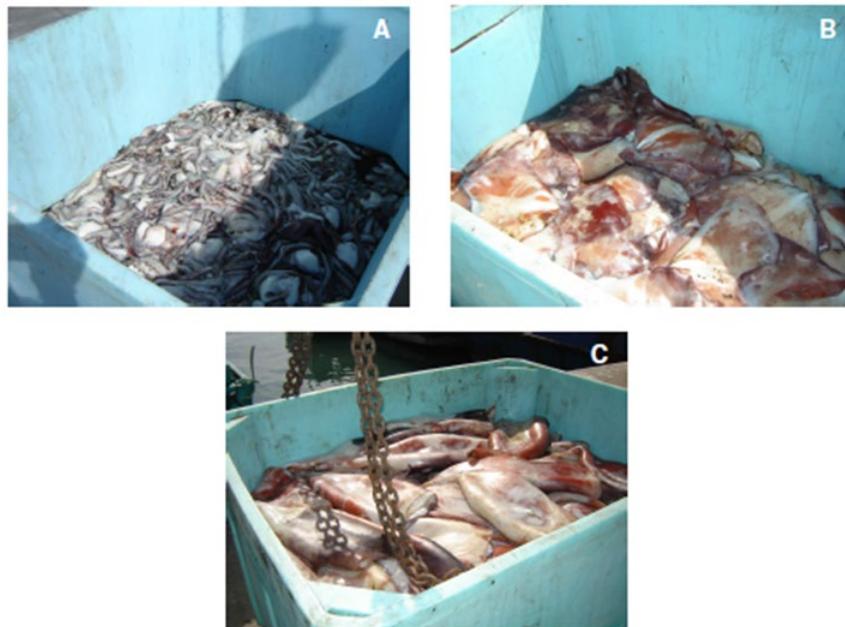
---

## 5.2. Procedimiento original de elaboración de la rodaja de potón cocida congelada

### 5.2.1 Transporte a planta de origen, despiece y limpieza

Las embarcaciones regresaban y desembarcaban en el puerto al amanecer. Una vez en puerto, el producto era depositado en tinas con hielo y transportado a la planta de procesado. El despiece consistió en separar la cabeza del manto, retirar las vísceras y la aleta (**figura 24**). A la cabeza se le quitó el pico para hacer el corte bailarina (cabeza y tentáculos), que es la forma en la cual se comercializa (**figura 25**). Todo el producto se enjuagó con agua de mar y cada una de las partes se colocó en tinas separadas con hielo, ya que cada una de ellas recibe un tratamiento diferente.

**Figura 24.** Presentación del potón después del preproceso en la embarcación. Se separan la cabeza en la corte bailarina (A) y la aleta (B) es retirada del manto (C).



**Figura 25.** Corte bailarina. Presentación de la cabeza del potón. Se retiran los ojos y el cuello, y solo se dejan los tentáculos.



El manto se cortó longitudinalmente desde la parte anterior, donde estaba la cabeza, hasta el extremo posterior dónde se encuentran las aletas. Se le quitó la membrana exterior o piel, se le dio la vuelta al manto y se retiró la pluma. Con la ayuda de un estropajo o una tela rasposa se retiró una delgada membrana interna (**figura 26**), quedando el manto completamente blanco. Posteriormente se recortaron los extremos de color, de forma tal que el producto final es un rectángulo blanco al que se le denomina filete o manto.

**Figura 26.** Presentación de la limpieza del manto de potón. Eliminación de la piel y la membrana (a) retirada de la piel externa; (b) retiro de la membrana interna.



Los filetes de potón se acomodaron en cajas de plástico rectangulares, recubiertas con una bolsa de polietileno de uso alimentario, hasta formar un bloque de aproximadamente 10 kg. Estas cajas se sometieron a un congelado rápido de aproximadamente 14 horas. Posteriormente, se sacaron del congelador y se retiraron de la caja de plástico, formando así bloques congelados rectangulares y uniformes los cuáles se apilaron sobre tarimas hasta completar una tonelada y se almacenaron a una temperatura de -20 a -25°C para su posterior comercialización (**figura 27**).

**Figura 27.** Presentación de filetes de potón en bloques congelados.



---

La cabeza del calamar generalmente llega del barco con corte bailarina. Si no es así, lo primero era retirar los ojos y todo lo que se encontraba por debajo de éstos, dejando sólo los tentáculos. Si ya llegaban con este corte a la planta, se lavaban, se fabricaban bloques y se congelaban igual que el manto (**figura 28**).

**Figura 28.** Presentación de los tentáculos de potón en bloques congelados.



La aleta recibió el mismo tratamiento que el manto y la cabeza, congelándose en bloques rectangulares (**figura 29**). La aleta es la parte con menor demanda y, por tanto, la de menor precio. Sólo en algunas partes se usa para sopas o guisados. Usualmente se utiliza como carnada en palangres para la pesca de otras especies.

**Figura 29.** Presentación de la aleta de potón en bloques congelados.



### 5.2.2 Obtención de bloques congelados

Los bloques de tentáculos se congelaron en cámaras con aire forzado hasta alcanzar una temperatura mínima de  $-18^{\circ}\text{C}$  en un tiempo de 12 horas aproximadamente. El bloque congelado se colocó en bolsas de polietileno de 10 kg, luego se guardó en cajas master de cartón corrugado o sacos de polipropileno, de acuerdo a especificaciones de cliente. Las cajas o sacos cerrados fueron colocados sobre pallets. El bloque empaquetado se introdujo inmediatamente en la cámara de almacenamiento a una temperatura entre los  $-18$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  con la finalidad de conservar el producto. Cada lote fue identificado para facilitar su trazabilidad.



---

La talla y el glaseado se comprobaron la mercancía es descongelada. Una vez que se tienen todos los datos de la recepción, el producto se registró en el sistema informático quedando desbloqueado y disponible para los Departamentos de Compras y Producción.

### 5.2.5 Descongelación

La línea de descongelación conseguía que los bloques con los tentáculos congelados de potón se pudieran separar en unas horas para ponerse en maceración. En primer lugar, los sacos que contenían 2 bloques de tentáculos de potón congelados se depositaron en un descongelador de 5.000 l de capacidad (**figura 31**).

**Figura 31.** Descongelador de bloques de tentáculo congelado.



Este equipo se llena con agua a temperatura controlada (máximo 10°C) que se mueve gracias a un sistema de circulación incorporado para agilizar el aumento de temperatura de los bloques. El producto en descongelación fue supervisado por el responsable de la zona de trabajo, evitando que la temperatura y, por tanto, la calidad de producto, se vean alteradas. El equipo contiene un sistema de control de temperatura mediante una sonda marca AKO. A continuación, una cinta transportadora transportó los bloques que todavía no se habían descongelado por completo a un equipo llamado “rompedora de bloque” (**figura 32**). Este equipo aplastó los bloques para conseguir separar las piezas.



---

## 5.2.6 Maceración

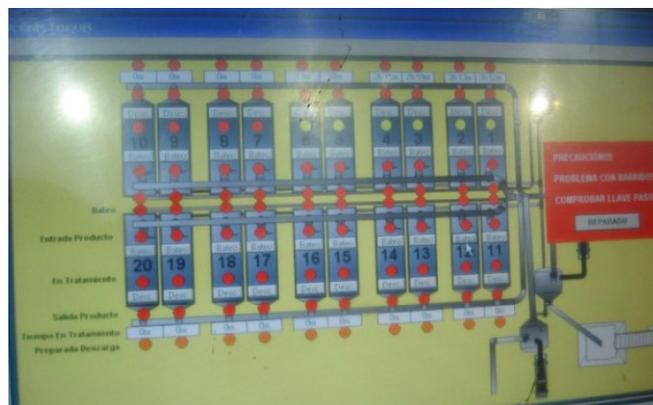
Los tentáculos procedentes de la habitación de descongelación llegaban por una cinta transportadora hasta la habitación contigua. La sala de maceración disponía de una batería de 20 tanques de maceración, cada uno con capacidad para 7000 litros de capacidad, con forma rectangular, con inclinación a la zona de extracción (**figura 34**), dispuestos en una sala a temperatura controlada mediante sonda AKO B11. Estos tanques tenían instalado un sistema automático de agitación con un soplante que se activaba cada 2 horas, el cual hace que el producto no se pose en el fondo y adquiriera correctamente la maceración.

**Figura 34.** Tanques para la maceración de rejoy o tentáculo de potón en inmersión.



Para un correcto control de esta etapa, se disponía de un sistema automático de llenado de agua para calcular exactamente el volumen de agua necesario (**figura 35**), un sistema de inyección de aire jacuzzi, y un sistema de apertura de válvula de salida de producto por compuerta neumática.

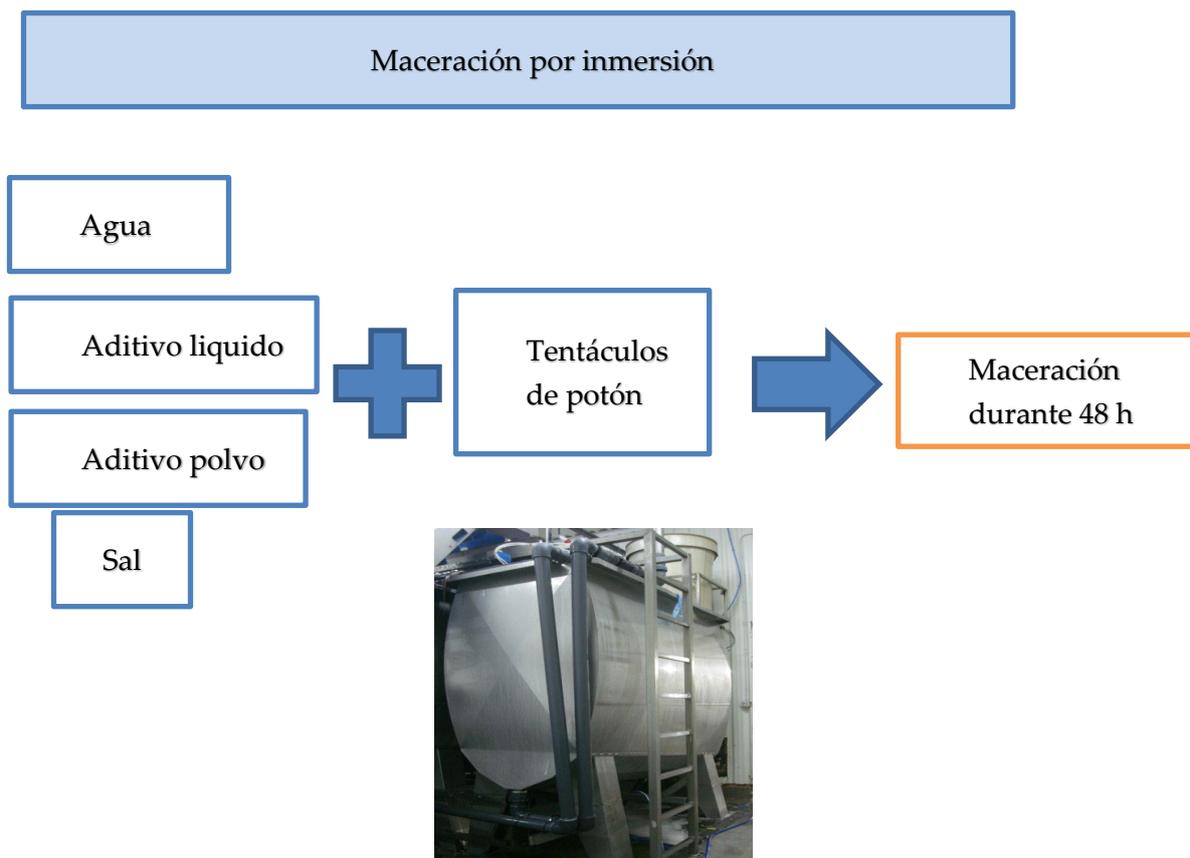
**Figura 35.** Pantalla con automatismos de los tanques de maceración.



Los tentáculos de potón permanecían en estos tanques durante 48 h y, una vez finalizada la maceración, pasaban por un tubo a la sala de cocción, donde fueron depositados en un tanque pulmón de 2000 litros de capacidad para entrar de forma dosificada al cocedor donde se produce el escurrido antes del cocinado.

Para la maceración por inmersión de los tentáculos de potón se siguieron las etapas descritas en la **figura 36**.

**Figura 36.** Esquema de la maceración por inmersión.



La **tabla 14** recoge la formulación que se utilizó para la maceración por inmersión de 1000 kg de tentáculos de potón en cada tanque. En cada uno de los tanques se depositaba tentáculos de potón, agua fría y los aditivos en la siguiente proporción: 4000 l agua, 1000 kg de rejos de potón, 400 l de salmuera líquida, 40 kg de aditivo en polvo (E-330 ácido cítrico, E-331 citrato sódico y sal) y 12 l de aditivo líquido (E-330 ácido cítrico, E-331 citrato sódico).



### 5.2.7 Ecurrido

Es necesario que los tentáculos de potón pierdan el medio de maceración antes de pasar a la etapa de cocinado. Para ello, tras permanecer en el tanque, se trasladaban a la zona de cocinado por una cinta y, a continuación, por un tubo donde pasaran a un tanque pulmón (**figura 38**). En este tanque los tentáculos permanecían el tiempo suficiente para perder el líquido sobrante que habían tomado durante la maceración.

**Figura 38.** Tanque pulmón del cocedero.



### 5.2.8 Cocinado

Una cinta elevadora recogía los tentáculos crudos del tanque pulmón donde han estado escurriendo tras la maceración para dirigirlos al cocedero (**figura 39**). El recorrido de las piezas dentro del cocedero era de aproximadamente una hora. El tiempo dependía de la talla y otros parámetros del producto.

Las instrucciones de trabajo para controlar el tiempo y temperatura para esta etapa del proceso se muestran en la **figura 40**. El agua de cocción contenía sal y una mezcla de especias preparada con la que se condimenta el producto durante la cocción para dar el sabor, olor y color característico de este producto.

**Figura 39.** Cocedero para tentáculo de potón.



El cocinado es un punto crítico supervisado por operarios con formación específica. Se debe controlar que la temperatura y el tiempo empleado para cada cocción son los adecuados y que se cumplen las instrucciones de trabajo (**figura 40**). En esta zona existen unos carteles con las instrucciones de trabajo donde se indican los parámetros mínimos por los que tiene que pasar el producto para que sea correcto tanto seguro en cuanto a seguridad alimentaria como sensorialmente aceptable para su consumo. Los datos de tiempo y temperatura del cocedor quedan anotados en un registro. En el caso de que la temperatura esté por debajo de los límites establecidos, el cocedero se detiene y una alarma avisa al responsable de esta zona y al equipo de mantenimiento. Con esta acción se asegura el producto siempre va a cumplir con el tratamiento de cocinado establecido.

**Figura 40.** Instrucciones de cocinado para los tentáculos de potón.

INSTRUCCIONES SALA COCCIÓN: REJO COCIDO					
RECOMENDACIONES DE TIEMPOS DE COCCIÓN POR TALLAS					
TAMANO (g)	TALLA REJO	TIEMPO MÍNIMO COCCIÓN COCEDERO ALTO (min)	Tª LIMITE COCEDERO ALTO (°C)	TIEMPO MÍNIMO COCCIÓN COCEDERO BAJO (min)	Tª LIMITE COCEDERO BAJO (°C)
Menor de 1 kg	0-1	15	66°C	30	96°C
Entre 1 y 2 kg	1-2	15	66°C	35	96°C
Entre 2 y 3 kg	2-3	15	66°C	40	96°C
Reproductor	Sexuales	15	66°C	15	96°C

**LOTEO Y VIDA ÚTIL:**

TIPO PRODUCTO	LOTEO	VIDA ÚTIL	Ejemplo:
REJO COCIDO	dd/Maa	24 meses desde fecha de cocción	F. cocción: 23/09/2021 Lote: 230921 F. cons. Pref.: 23/09/2023

CARTEL 21 ED. 03 SEPTIEMBRE 2022



---

**Figura 42.** Enfriador de los tentáculos de poton cocinados.



Los tentáculos de potón presentaban una temperatura de 90-100 °C tras el cocinado. Esta temperatura se controlaba para reducir el riesgo de crecimiento microbiano y para conseguir que el choque térmico no fuera brusco para el funcionamiento del túnel de congelación. Se registraba la temperatura del agua del enfriador, que debía permanecer entre 0 y 5° C. Además, también se registraba la temperatura del producto a la salida del equipo y la cantidad de peróxido de hidrogeno utilizado para asegurar la inocuidad del agua.

#### **5.2.10 Corte**

Los 8 tentáculos se encontraban unidos por lo que se llama corona. Esta corona se cortaba de forma manual en tentáculos individuales en una cinta con avance continuo donde se disponían 8 operarios como se puede observar en la **figura 43**. A continuación, el tentáculo individual pasaba por una cortadora (**figura 44**), en la que se regulaba la velocidad de la cinta para conseguir el grosor de rodaja deseado.

**Figura 43.** Cinta de corte del tentáculo cocinado.



**Figura 44.** Cortadora automática de rodaja.



---

### 5.2.11 Recongelación

Las rodajas de potón pasaban al interior del túnel de congelación continua espiral tipo TCE continua donde hacían un recorrido de unos 40 minutos a  $-25^{\circ}\text{C}$  hasta conseguir que la rodaja quede totalmente congelada al finalizar (**figura 45**). La temperatura del interior del túnel estaba controlada por una sonda marca SCHNEIDER.

**Figura 45.** Recongelación de la rodaja de potón cocinada.



### 5.2.12 Generación de subproductos

Se generaban rodajas imperfectas o trozos demasiado pequeños que no son aceptables en el producto final. Este subproducto se generaba principalmente después de la etapa de corte automático. Para poder separarlo del resto de la rodaja que llegaba al final del proceso, se dispuso de un vibrador con un tamiz de un diámetro de poro de unos 15 mm que hacía que se eliminaran los trozos no deseados por decantación. Este sobrante se acumula en bolsas de polietileno como puede observarse en la **figura 46**.

**Figura 46.** Subproducto generado en la elaboración de rodaja de potón cocida congelada.



### 5.2.13. Glaseado

La empresa aplicaba dos etapas consecutivas de glaseado al finalizar el recorrido del túnel en espiral. El producto se dirigía primero al glaseador uno de 230 litros de capacidad (**figura 47**) y después iba rumbo hacia el glaseador dos de 600 litros de capacidad, separados por una cinta de secado para fijar la capa inicial de glaseado. Los glaseadores contenían agua osmotizada a temperatura de 0°C y la velocidad se ajustaba para que el producto adquiriera la cobertura deseada.

**Figura 47.** Glaseador de rodaja.



Se realizaba un control del glaseado del producto final. Se controlaba que la temperatura del glaseador permaneciera a 0 °C, que la temperatura del túnel de congelación fuera correcta y que el glaseado se ajustara a las especificaciones del producto.

La prueba de control de glaseado era realizada por un técnico de calidad según la Orden PRE/3360/2004, de 14 de octubre. El resultado obtenido debía cumplir las especificaciones del producto determinadas en la ficha técnica del producto. En el caso de que se haya aprobado con el cliente otro porcentaje de glaseado diferente al estipulado, podrá demostrarse que esta especificación ha sido acordada entre ambas partes.

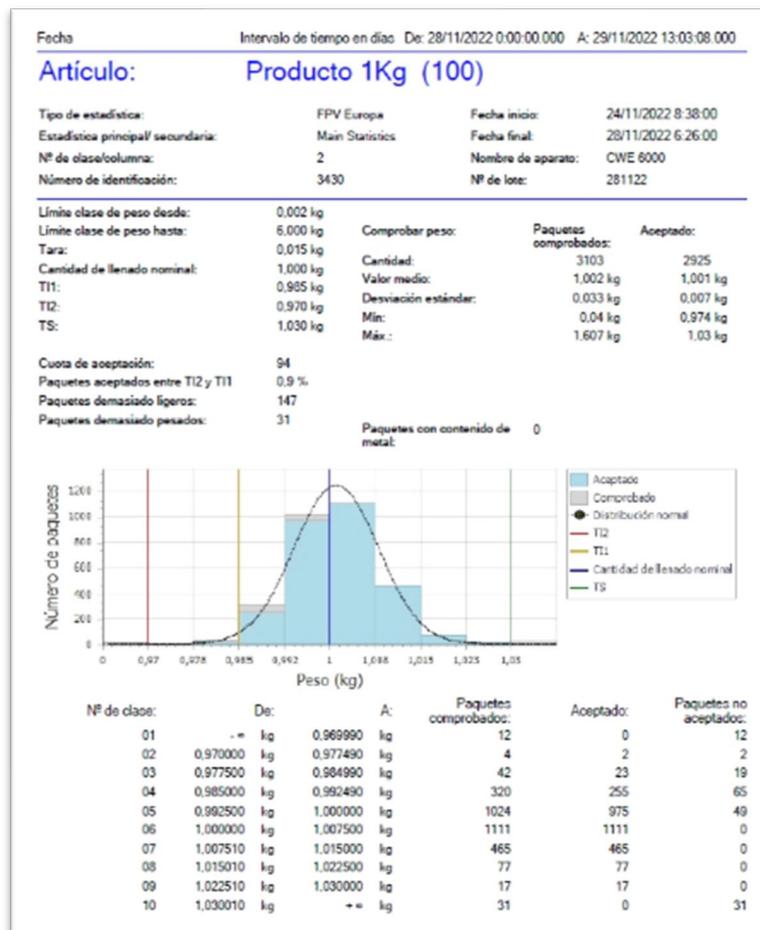
El primer control de glaseado se realiza dentro de la primera hora de producción del día. En caso de apreciar desviaciones, se aplicaban de inmediato las acciones correctoras necesarias en el glaseador y se repetía el control de glaseado a la media hora. En caso de obtener un segundo glaseado incorrecto, se revisaban los parámetros de glaseado y se realizaba un tercer glaseado a la media hora. Tras el tercer glaseado se debe conseguir un resultado conforme a las especificaciones del producto, de tal manera que se demuestre un control de glaseado antes de las 2 primeras horas de producción. Los datos se dejan reflejados en el registro de control de glaseado (**figura 48**). No se aceptaban más de dos controles incorrectos de glaseado seguidos. En este caso, se avisaba al Departamento de Calidad para que tomara las medidas oportunas, como inmovilizar la



Figura 49. Zona envasado rodaja poton cocida congelada.



Figura 50. Registro de control de peso.





Todos los datos del producto final fueron anotados en un registro para el Departamento de Producción donde se reflejaba la orden de trabajo, materia prima utilizada y producto final (**figura 53**). También se anotaron los datos de los materiales de envase para poder seguir la trazabilidad.

**Figura 53.** Registro control de envasado.

ORDEN DE TRABAJO:				PPR0115b Fecha: 02/2022 ED.:03 CONTROL DIARIO DE ENVASADO: EMBOLSADORA								
FECHA:			CAMBIO DE REFERENCIA OK/NO OK									
HORA INICIO /FIN	MATERIA PRIMA	PRODUCTO FINAL	LOTE	Nº Glaseo	MARCA CARTÓN/LOTE CARTÓN	TIPO/LOTE BOBINA-BOLSA	CANTIDAD	ESTADO FINAL DEL ENVASE (CIERRE ADECUADO) Y ESTADO DEL PALET: C o I	Tº túnel	LOTE EMBOLSA	Realizado por (nombre/firma)	Observaciones
/											/	
/											/	
/											/	
/											/	

### 5.2.15 Control de producto final

El Departamento de Calidad realizaba un último control antes de almacenar el producto en la cámara de congelación, comprobando todas las especificaciones de producto indicadas en ficha técnica. La **figura 54** muestra el registro de control de producto final donde pueden verse los parámetros verificados. En el caso de encontrar alguna desviación, el producto se declaraba como no conforme y quedaba bloqueado hasta que el Departamento de Calidad decidiera cómo resolver.

**Figura 54.** Control de producto final.

		CONTROL CALIDAD PRODUCTO TUNEL 2						Ed. 01	Fecha: 09/2019			
		PPR0119										
ORDEN DE TRABAJO:												
FECHA:												
HORA	PRODUCTO FINAL	PESO (GR)	PESO NETO ESCURRIDO (GR)	Glaseo	z deformes	Medida Largo mm	Medida ancho mm	Tº Túnel	Tº Glas	Color	Observaciones	

---

## 5.2. Procedimientos complementarios de control de calidad

En este apartado se comentarán los procedimientos de control aplicados en la empresa o en instalaciones externas (Universidad de Murcia y Laboratorios privados) que se han empleado para ejecutar la presente tesis doctoral.

### 5.3.1. Análisis fisicoquímicos

#### 5.3.1.1. Humedad

El contenido en humedad se determinó de acuerdo con la Norma ISO R-1442 (1979) mediante desecación en una estufa (Heraeus) a 105°C durante 24 h. El control de peso se realizó con una balanza de precisión (0.001g) Sartorius. El procedimiento consistió en pesar una placa Petri, identificada, limpia y desecada (PP) y adicionar aproximadamente 5 g de muestra extendida por la superficie de la misma (PM). Transcurrido el tiempo, se introdujo la placa Petri con la muestra desecada (PF) se introdujo en un desecador a temperatura ambiente y, una vez estabilizada, se obtuvo el peso final.

El porcentaje de humedad se calculó usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = [(PP+PM) - PF] / PM * 100$$

#### 5.3.1.2. Lípidos totales

La grasa fue extraída usando un disolvente orgánico a partir de muestra deshidratada y pulverizada según el método Soxhlet (Norma ISO 13944:2013). Se pesó (0,001 g precisión) una taza metálica previamente desecada (30 min a 105 ° C) y mantenida en un desecador a temperatura ambiente. Seguidamente, se introdujo la muestra 2 g de carne deshidratada (24 h a 105 ° C) y pulverizada (con un molino o un mortero), en un cartucho de celulosa.

La taza metálica de extracción con 70 ml de éter de petróleo 40° - 60° y el cartucho de celulosa con la muestra se colocaron en la unidad de extracción (Soxhlet) para ser sometida a un circuito de éter que extrae la grasa y la deposita en la taza. En una primera fase, el cartucho permaneció en el interior de la taza durante 30 min a 80 ° C. Transcurrido este tiempo, se sacó fuera de la taza, continuando el proceso de extracción durante 45 min a 100 ° C. Por último, se cerró el circuito del disolvente y se abrió el circuito auxiliar de aire durante 10 minutos para evaporar los restos de éter. Las tazas permanecieron primero en una estufa a 105 ° C durante 30 min y después en un desecador a temperatura ambiente, hasta alcanzar un peso constante.

El porcentaje de grasa se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ grasa} = 100 (m_2 - m_1) / m_0$$

Dónde:  $m_0$  es el peso de la muestra,  $m_1$  es el peso de la taza de extracción y  $m_2$  el peso de la taza de extracción con el extracto graso

### 5.3.1.3. Proteínas totales

La proteína (nitrógeno) total se analizó por el procedimiento Kjeldahl, descrito en el método 955.04 de la AOAC (1990). Se pesaron 5 g de muestra (PM) sobre papel de filtro y se introdujeron en un tubo de digestión. Se añadió una pastilla de catalizador en cada tubo con 10 ml de ácido sulfúrico concentrado (con dosificador) y se procedió a digerir la muestra durante 12 horas utilizando una unidad de digestión Büchi 435, Büchi Labortechnik Flawil, Suiza. Una vez digerida y enfriada, la muestra, se destiló en una unidad KT 200 kjeltec (Foss, Barcelona) programada para adicionar hidróxido de sodio al 38% y emitir vapor de agua durante 10 min. El amoniaco destilado fue recogido en un vaso de precipitados con 25 ml de ácido bórico al 4% y con 3-4 gotas de indicador mixto rojo de metilo y azul de metileno y llevada al valorador automático Titrino 702 SM (Methrom, Zofingen, Suiza). La cantidad de nitrógeno fue titulada con ácido clorhídrico 0,1 N, utilizando un electrodo combinado de pH (Metrohm nº 6 02 03100).

El resultado final se expresó en % de nitrógeno según la siguiente fórmula:

$$\% NT = (V \times 0,1 \times 1,4) / PM$$

$$\% Proteína = \% NT \times 6,5$$

### 5.3.1.4. Cenizas

El análisis de cenizas se realizó por gravimetría de acuerdo a la norma ISO 936: 1998. Primero se pesó una cápsula de porcelana identificada, previamente limpia y desecada (P1). Se adicionó, aproximadamente, 1 gramo de muestra sobre la cápsula (pesada de la cápsula + la muestra) (P2). Se procedió a incineración en horno mufla HK-11 (Forns Hobersal, Caldes de Montbui, Barcelona, España) a 550° C durante 4 h aplicando una rampa de temperatura, se sacó la cápsula y se pesó tras dejarla enfriar en desecador (P3).

El porcentaje de cenizas se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% Cenizas = [(P3 - P1) \times 100] / (P2 - P1)$$

### 5.3.1.5. Color CIELab

El color objetivo se midió por reflectancia con un colorímetro CR400 R- 200/08 Chroma Meter II (Minolta Ltd., Milton Keynes, Reino Unido) Los resultados se expresaron en unidades CIELab: Luminosidad (L\*); rojo-verde (a\*); amarillo-azul (b\*); tinte o Chroma ( $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ ); y saturación o ángulo Hue ( $H^* = \text{tg}^{-1} (b^*/a^*)$ ). Previamente a los análisis, el colorímetro fue calibrado. Las medidas de color se realizaron en modo DP. Utilizando un iluminante D65

---

### 5.3.1.6. Textura

Dependiendo del ensayo se realizó un test de compresión simple o un análisis del perfil de textura (Texture Profile Analysis, TPA). Se trata de un ensayo donde se miden y cuantifican parámetros claves de textura (dureza, elasticidad, gomosidad, cohesividad y resiliencia) (Torres et al., 2015). Las condiciones de medida fueron: 5 °C; Sonda cilíndrica plana TA3/100 (20 mm de diámetro); punto gatillo, 0,05 N; objetivo de compresión, 5 mm; velocidad de la cruceta, 0,1 mm/s; y celda de carga, 10 Kg. Los resultados se expresaron como dureza (N), la fuerza máxima requerida para comprimir la muestra y elasticidad 8diferencia en milímetros entre el producto original y deformado. Las muestras se midieron en la superficie de corte del tentáculo.

### 5.3.1.7. Determinación de la pérdida de peso

Se pesó el peso de los calamares antes del almacenamiento congelado sin glasear (W2). Antes del almacenamiento, Se sacaron los calamares congelados y se les quitó el hielo superficial, se pesó al peso actual (W3). La pérdida de peso de los calamares se calculó de la siguiente manera:

$$\text{WHC}/\% = \frac{W_1}{W_0} \times 100$$

### 5.3.1.8. Determinación de minerales

Los minerales (excepto Hg) se determinaron de acuerdo con la norma ISO 11.885 (1996) mediante Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplada Inductivamente (ICP-OES) usando un aparato Thermo ICAP 6500 Duo (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, EE. UU.), excepto Hg, que fue determinado utilizando un detector de espectrometría de masas (ICP-MS Agilent 7900).

Las muestras se prepararon de acuerdo con el Método EPA 3015 "Digestión ácida de muestras y extractos acuosos asistida por microondas". Se añadió una muestra de 0,20 g a un tubo de digestión de 25 ml junto con 4 ml de ácido nítrico concentrado (68 g/100 g de pureza) y 1 ml de solución acuosa de peróxido de hidrógeno (33 % de pureza) para su posterior digestión en un horno de microondas. También se añadió lo siguiente al reactor de teflón: 300 ml de agua ultrapura, 30 ml de solución acuosa de peróxido de hidrógeno (33 g/100 g de pureza) y 2 ml de ácido sulfúrico concentrado (98 g/100 g de pureza).

Las rampas de temperatura y presión utilizadas durante la digestión de las muestras fueron: inicialmente, 20 ° C y 40 bar; aumentando a 10 bar/min durante 30 min hasta 220 ° C; y manteniendo a 220 ° C durante 20 min. Después de completar la digestión, el reactor de teflón se enfrió y descomprimió a temperatura y presión ambiente para obtener la muestra mineralizada, la cual se diluyó con agua ultrapura usando tubos de doble calibre de 10 ml (microminerales) o de 25 ml (macrominerales).

Los estándares de calibración se prepararon con una solución que contenía treinta y un minerales (SCP 143 Science Quebec, Canadá) y agua ultrapura. Las muestras se prepararon de acuerdo con el método EPA 144 3015 "Digestión ácida asistida por microondas de muestras y extractos acuosos". Para la validación del método se utilizó el material de referencia estándar 1577c (Bovine Liver; National Institute of Standards and Technology, EE. UU. Cada determinación mineral se realizó en longitudes de onda específicas que oscilan entre 167,1 y 148 670,8 nm.

Las concentraciones de muestra de minerales se calcularon como sigue.

$$C = S \times D / W$$

donde C era el contenido de macro- (g/100g) y microminerales (mg/kg) en la muestra de calamar, S era la concentración de minerales de la solución de trabajo, D era el factor de dilución y W era peso de la muestra. Los límites de cuantificación (LoQ) fueron: 0,01 g/100g (Na, K, Mg y Ca); 1 mg/kg (Al, Fe y Si) y 0,01 mg/kg (resto de minerales).

### 5.3.2 Análisis microbiológico

De acuerdo con la legislación, se analizaron aerobios mesófilos totales y algunos microorganismos patógenos. Para obtener las muestras, se tomaron 100 g de muestra en sendas bolsas Stomacher añadiendo 90 ml de agua de peptona tamponada y seguidamente se procedió a su homogeneización en Stomacher (IVL-Instruments), aplicando dos ciclos de 90 s, obteniéndose así la dilución 10<sup>-1</sup>. A partir de esta dilución se obtuvieron diluciones sucesivas, introduciendo en tubos con 9 ml de agua de peptona tamponada, 1 ml de la dilución precedente. El proceso de siembra se llevó a cabo bajo una campana de flujo laminar. (TELSTAR, Bio-II-A). Todos los medios fueron esterilizados previamente en un autoclave (Steam Sterilizer, Raypa) a 121° C durante 20 min de acuerdo a las indicaciones del producto. Tras el periodo de incubación se procedió al recuento manual de las placas, expresando los resultados como Log ufc/g.

#### 1. Aerobios mesófilos totales

Se utilizó el medio de cultivo PCA (Recuento en placa: PCA Agar) (Método: ISO 4833-1:2013). Las placas se incubaron a 30° C durante 2 días.

#### 2. Enterobacterias:

Método: ISO 21528-2:2017 (Recuento en placa: VRBG Agar)

#### 3. *Salmonella*

Método: MET-Mi-*Salmonella*-ELFA-AI (Detección: VIDAS SLM)

#### 4. *Listeria*

Método: MET-Mi-*L. monocytogenes*-AI (Detección: ALOA Agar)

---

## 5. *E. coli*

Método: ISO-16649-2:2001 (Recuento en placa: TBX Agar)

## 6. *Staphylococcus*

Método: ISO 6888-1:2021 (Recuento en placa: BP Agar)

### 5.3.3. Análisis sensorial (ISO 8586-1: 1993; ISO 4121: 1987)

El análisis sensorial se llevó a cabo de acuerdo con la Norma ISO 4121 (2003) figura. Las muestras fueron troceadas a mano con un cuchillo, con un grosor de 2 cm, y atemperadas durante 30 minutos a temperatura ambiente. Se analizaron 3 muestras por lote de producto acabado, cada una de ellas por duplicado. Cada muestra fue identificada por un código numérico de 2 dígitos escogidos al azar.

Se realizó un análisis sensorial para los parámetros dureza, olor, sabor y color. No todos los parámetros fueron evaluados en conjunto en los diferentes ensayos. La idea principal fue crear un panel semientrenado para estos atributos, seleccionando personal capacitado a través del entrenamiento, para finalmente obtener datos cuantitativos mediante la realización de un análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA) y así poder comparar los resultados con los datos obtenidos mediante análisis instrumental.

El panel de catadores fue entrenado siguiendo la metodología de acuerdo con la Norma ISO 8586-1 (1992). Para realizar el análisis sensorial se realizó una búsqueda de voluntarios dentro de la empresa para la realización de las diferentes pruebas, con un total de 10 participantes. Se llevaron a cabo cuatro sesiones de entrenamiento del paladar y una posterior prueba de selección, en la que a los participantes se les ofrecieron muestras de rodaja de tentáculo de potón, descongeladas a temperatura ambiente.

Las pruebas de selección fueron puntuadas para tener una idea de la evolución de los voluntarios. Se dio un valor de 1 punto por cada acierto y 0,5 si se confundían dos muestras contiguas, y se podría obtener un máximo de 5 o 4 puntos dependiendo del número de rangos de muestra utilizados si la clasificación se realizó perfectamente.

A continuación, se muestra las fichas de cata utilizadas en varias de las pruebas sensoriales realizadas (**figura 55**).

**Figura 55.** Fichas de cata utilizadas en varias de las pruebas sensoriales.

**Fecha:**

**Nombre:**

**INSTRUCCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE LA CATA**

A continuación, usted va a degustar 5 muestras de rodaja de potón cocinado.

Para llevar a cabo esta cata usted deberá probar la muestra y prestar atención a la **DUREZA, SABOR Y OLOR.**

Los números de las muestras no representan ningún orden, han sido puestos al azar.

Pruebe las muestras de izquierda a derecha y ordene con la puntuación de 1 a 5, siendo:

1 = muy deficiente y 5 = excelente

<b>Muestra</b>					
<b>Orden</b>					
<b>Dureza</b>					
<b>Olor</b>					
<b>Sabor</b>					

**Observaciones:**

**Fecha:**

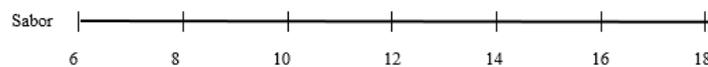
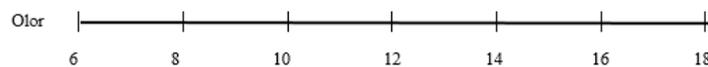
**N° de panelista:**

**Código muestra:**

Frente a usted hay una muestra de rodaja de potón cocinado, debe probarla, nuevamente.

Marque con una línea vertical sobre la línea horizontal el punto de dureza, olor y sabor de la muestra.

**Atributo**



---

### 5.3.4. Índices nutricionales relacionados con la ingesta de minerales

La Ingesta Diaria Recomendada (DRI) de minerales se calculó según las directrices de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) para una persona adulta (hombres y mujeres mayores de 19 años) sin requerimientos nutricionales especiales.

La Ingesta Semanal Estimada (en inglés, EWI) a través del consumo de potón cocinado para los metales tóxicos Pb, Cd y Hg se calculó de la siguiente manera:

$$EWI = C \times FIR \times 7 / WAB$$

donde EWI es la ingesta semanal estimada en  $\mu\text{g}/\text{kg}$  de peso corporal, C es la concentración de metales en el calamar ( $\mu\text{g}/\text{g}$  de peso corporal); FIR es la Tasa de Ingestión de Alimentos para los cefalópodos (9,8 g por persona y día); 7; da la expresión de resultados de forma semanal; y WAB es el peso corporal promedio del consumidor 180 (60 kg).

El nivel de riesgo por exposición a los metales tóxicos Hg, Cd y Pb en una población se estimó a partir del Target Hazard Quotient, una relación entre la dosis estimada de un contaminante y la dosis de referencia por debajo de la cual no habrá riesgo apreciable. La ecuación utilizada fue:

$$THQ = (EF \times ED \times FIR \times C) / (RFD \times WAB \times TA) \times 10^{-3} \quad (3)$$

donde THQ es el cociente de riesgo objetivo (sin unidades), EF es la frecuencia de exposición (365 días por año); ED es la Duración de la exposición equivalente a la vida media (70 años); FIR es la Tasa de Ingestión de Alimentos para cefalópodos (9,8 g por persona y día); C es la concentración de metales en pescados y mariscos ( $\mu\text{g}/\text{g}$  w.w.); RFD es la Dosis de Referencia oral ( $\mu\text{g}/\text{g}/\text{día}$ ), igual a Hg ( $5 \times 10^{-4}$ ) para Hg,  $1 \times 10^{-3}$  para Cd y  $4 \times 10^{-3}$  para Pb; WAB es el peso corporal promedio (60 kg) y TA es el tiempo de exposición promedio para no carcinógenos (365 días/año  $\times$  ED). Este método está disponible en la tabla de concentración basada en el riesgo de la Región III de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2000).

### 5.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico se ajustó a cada tipo de ensayo. Las técnicas usadas fueron:

- Estadística descriptiva: media aritmética, desviación típica o error estándar y rangos.
- Análisis de la varianza (ANOVA) simple y múltiple para determinar el efecto de tratamientos y factores aleatorios en estudios factoriales. Test de homogeneidad de medias de Tukey con  $p < 0,05$  como nivel de significación).
- Correlaciones de Pearson para determinar la relación entre variables dependientes.

Los datos se analizaron con el software Statistix 8.0 para Windows (Analytical Software, Tallahassee, Florida, EE. UU.).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1. Remodelación de la línea de fabricación de tentáculo de potón cocinado

#### Introducción

Como en muchas industrias alimentarias, las instalaciones y los equipos necesitan de una renovación adecuada para mejorar los costes de producción y/o la calidad de los productos. La línea de fabricación de rodajas de potón cocinadas y congeladas, instalada en 2010, fue analizada y rediseñada. Se introdujeron diferentes ajustes en las instalaciones y técnicas de elaboración para intentar mejorar los resultados en las diferentes etapas del proceso de fabricación.

#### Reestructuración de procesos, maquinaria e instalaciones

La **figura 56** muestra el diagrama de flujos renovado del proceso de fabricación de la rodaja de potón cocinada y congelada. La planta elaboradora ya contaba con zonas de trabajo separadas para diferentes especies de cefalópodos, lo que permitía mantener unos diagramas de flujos correctos y un mejor control de la trazabilidad. La **figura 57** muestra la ubicación de la línea original en el plano de la planta elaboradora original antes de la remodelación, junto con su correspondiente ampliación (**figura 58**) y un esquema (**figura 59**). Como puede verse, ya existía una zona delimitada para la línea de tentáculo de potón con sus propios equipos, incluyendo una batería de tanques de maceración, los cuales han estado trabajando durante más de 10 años.

De acuerdo con las directrices de la empresa, la zona de potón fue rediseñada casi por completo. La línea de potón permaneció en la zona original de la factoría (**figura 60**). La superficie de las instalaciones se mantuvo y no hizo falta demoler tabiques y ampliar hacia otras zonas de trabajo adyacentes. Se utilizó el mismo espacio para colocar los nuevos equipos adquiridos.

La línea de descongelación y maceración se cambió completamente para mejorar su eficacia. Básicamente, se sustituyó la batería de tanques por un sistema de maceración por inyección. La inyección no se había utilizado hasta el momento en cefalópodos porque su carne no se comporta de la misma manera que la de otros productos cárnicos, aunque se decidió hacer pruebas para ver resultados.

Se instaló una moderna línea de descongelación en continuo que comienza con 2 descongeladores de 8000 litros de capacidad. Estos equipos permiten aumentar la capacidad de descongelación en menos tiempo, ya que anteriormente solo se disponía de un descongelador con una capacidad de 5000 litros, junto con una rompedora de bloques congelados que ayudaba a separar los tentáculos. Con los nuevos descongeladores se pretendía asegurar que los tentáculos pasaran descongelados por completo a la etapa posterior de tratamiento químico y prevenir así fallos en la maceración. A continuación, se instaló una nueva cinta elevadora para comunicar la salida del descongelador con un tubo que dirigía los tentáculos crudos descongelados a

---

un depósito pulmón que comunicaba con la recién instalada inyectora. Estas modificaciones pueden observarse en las **figuras 61 y 62**

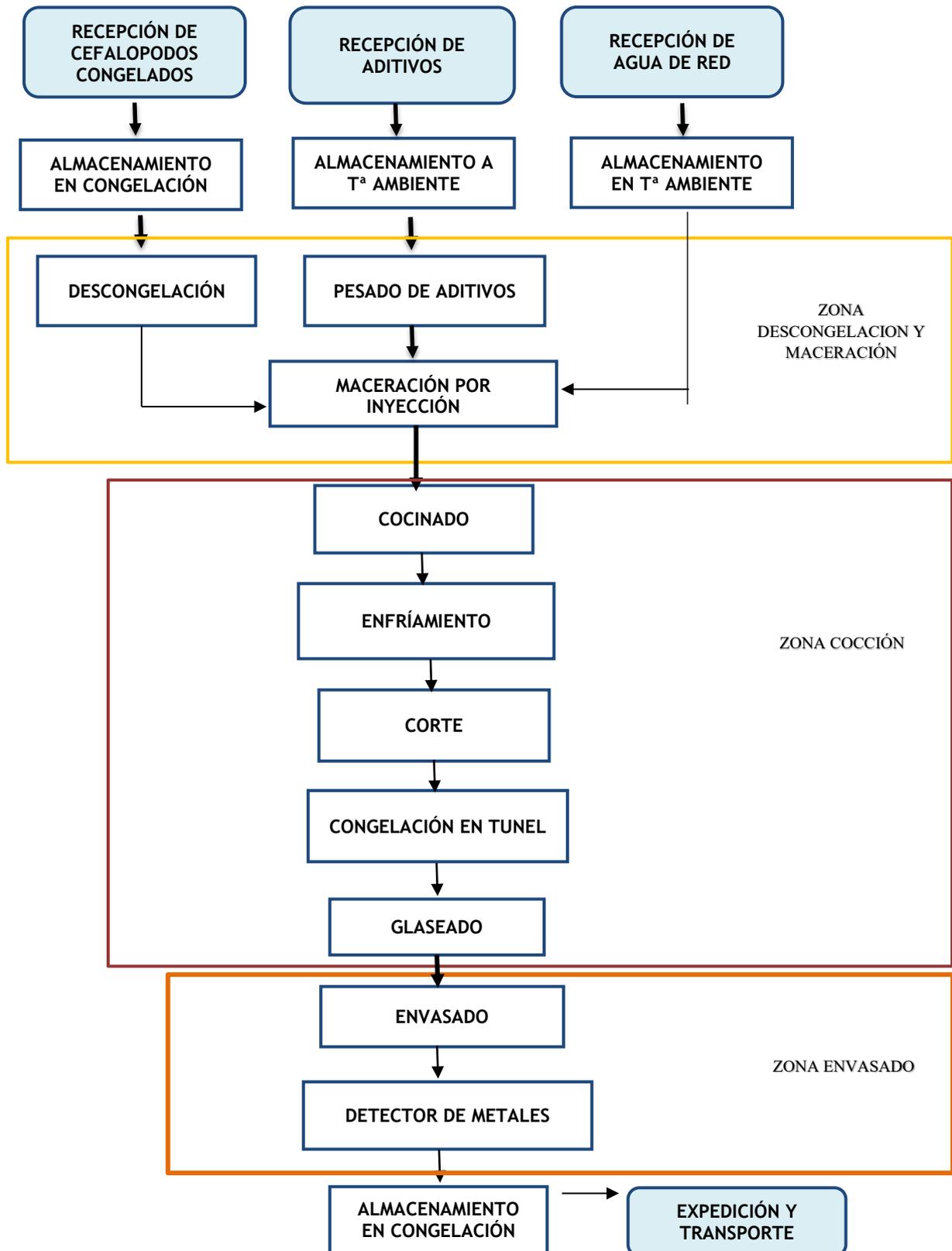
El tratamiento de maceración original se hacía en la misma sala donde se disponía de 20 tanques y los tentáculos permanecían 48 horas (**figura 64**). Esta batería de depósitos fue sustituida por un equipo de inyección multipunto (**figura 63**). Este equipo se puede programar con unos parámetros definidos en una instrucción de trabajo en función de la talla y otras especificaciones. El equipo contenía un dispositivo regulador de la velocidad de la cadena de cangilones para ajustar el tiempo de residencia.

Una vez inyectado, el tentáculo de potón crudo pasaba a un nuevo tanque pulmón abierto para completar su maceración antes del cocinado. Este tanque estaba programado para que los tentáculos hicieran el recorrido del tanque al pulmón sólo en una hora. Esto es posible porque la tecnología de inyección introduce soluciones salinas en puntos cercanos que reducen los recorridos de difusión y los tiempos de equilibrio. Este tanque pulmón contiene una cinta con canjilones en la base que hace avanzar el producto en toda su extensión hasta llegar a una cinta elevadora que comunica con un tubo de salida que lleva el producto a la zona de cocinado.

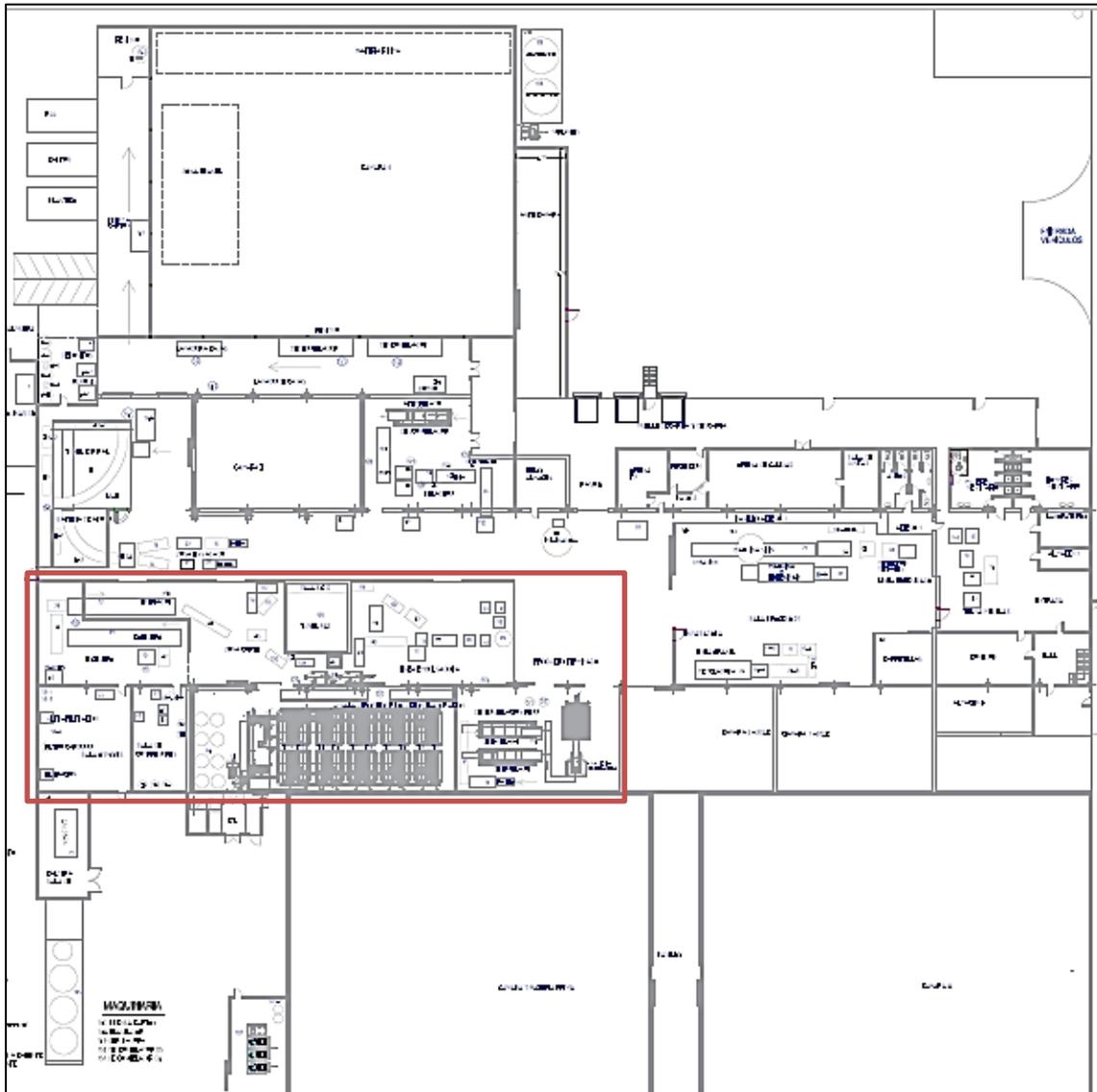
Las zonas contiguas de cocinado, corte y envasado de producto final se mantuvieron sin cambios en las mismas salas, aunque se introdujeron algunas mejoras. Se incorporó un sistema de monitorización mediante una pantalla táctil (**figura 65**) para el control de tiempo y temperatura durante el cocinado del tentáculo. Toda la línea de cocción, corte y envasado de producto final se acondicionó como sala blanca y se construyó un vestuario contiguo a toda esta zona para el acceso de los operarios de esta zona de trabajo.

La zona de envasado del producto final está provista de detector de metales, además de una detección visual en la etapa anterior con el objeto de reducir los riesgos de contaminación física. Puede observarse esta zona de trabajo en la **figura 56**.

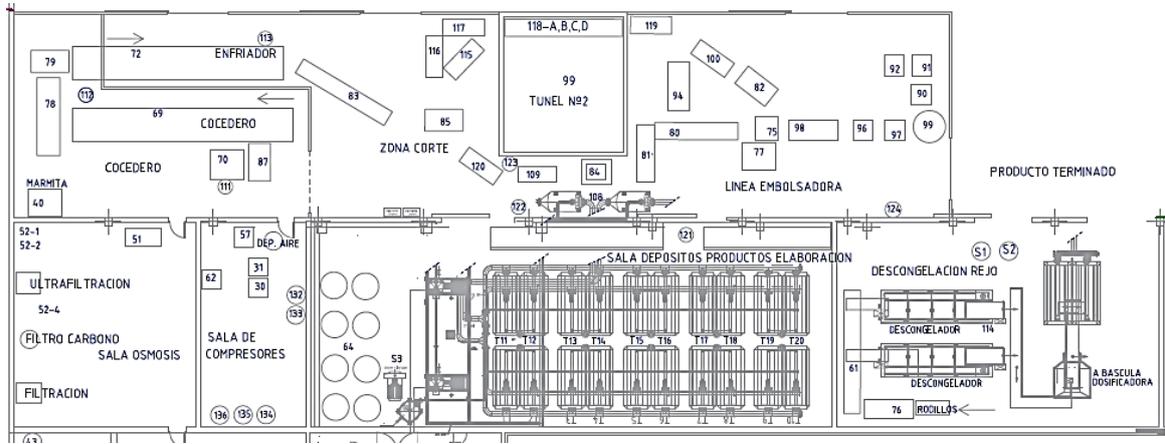
**Figura 56.** Diagrama de flujos renovado del proceso de fabricación de la rodaja de potón cocinada congelada.



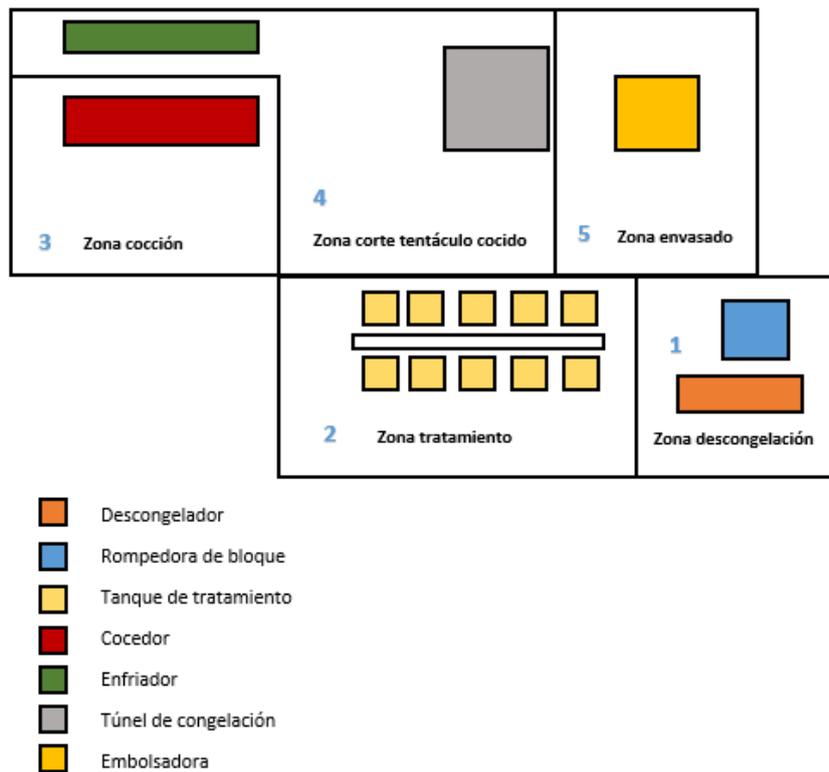
**Figura 57.** Ubicación de la línea de potón en la planta elaboradora original (hasta 2018) de la empresa colaboradora.



**Figura 58.** Ampliación de la línea original de tentáculo de potón con respecto al plano anterior.



**Figura 59.** Esquema de la zona original de trabajo de tentáculo de potón.



**Figura 60.** Ubicación de la línea de potón en la plata elaboradora remodelada (a partir del 2019) de la empresa colaboradora.

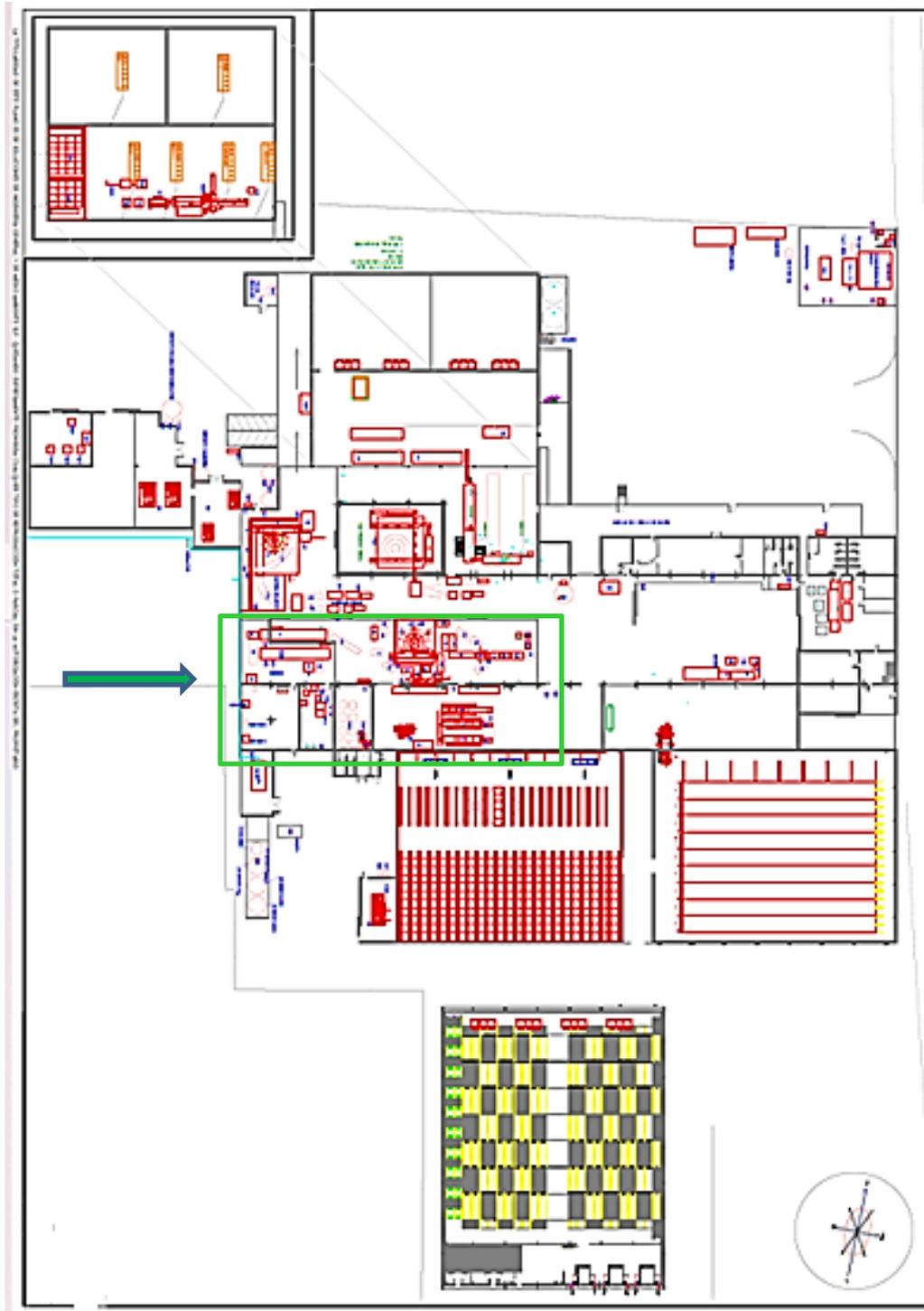


Figura 61. Ampliación de la línea remodelada para la elaboración de tentáculo de potón.

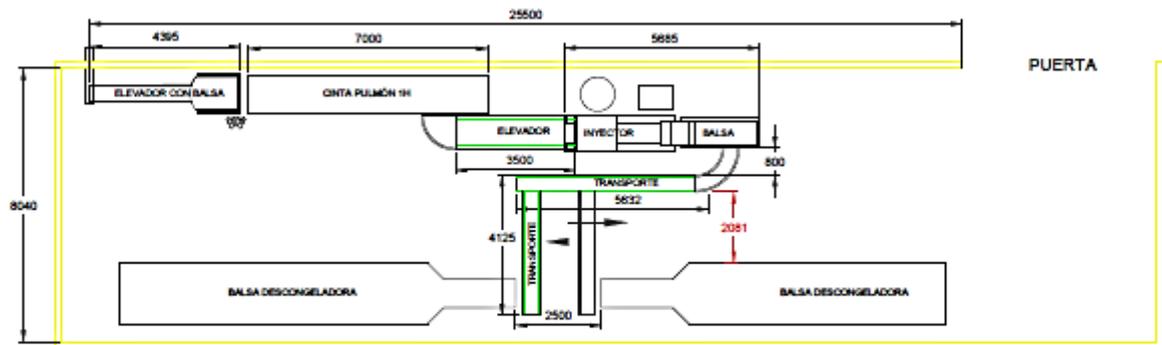
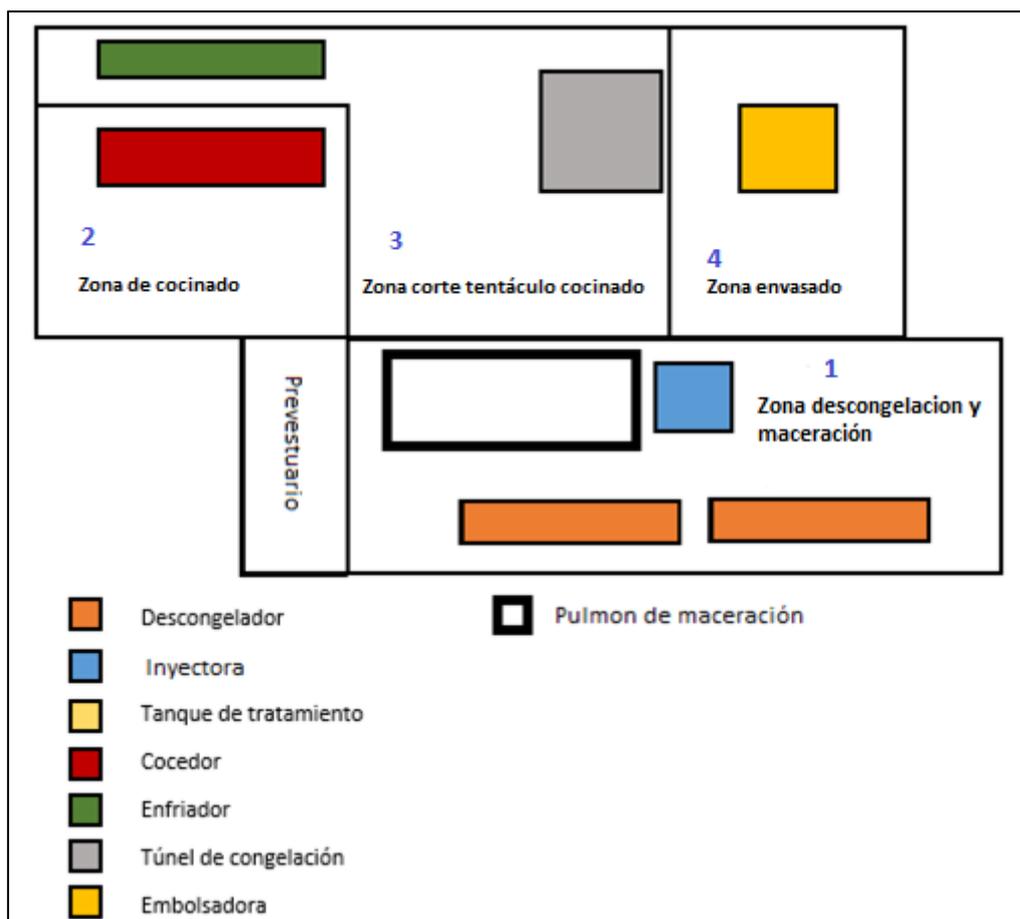


Figura 62. Esquema de la zona remodelada de elaboración de potón.



---

**Figura 63.** Inyectora.



**Figura 64.** Disposición de los tanques de maceración(arriba) y de la nueva inyectora y el tanque pulmón de maceración (abajo).



Figura 65. Pantalla para monitorizar el proceso de cocinado.

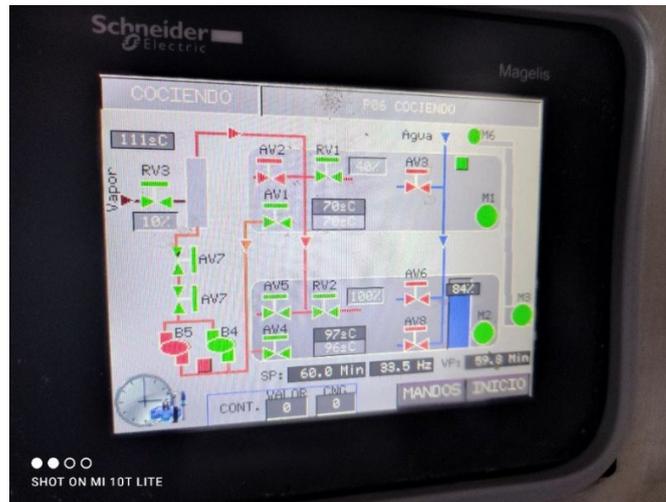


Figura 66. Zona de envasado del producto final.



---

## 6.2. Uso de maceración por inyección para reducir el tiempo del tratamiento y mejorar el rendimiento en el cocinado

### Introducción

La empresa necesitaba mejorar la etapa de maceración del tentáculo de potón. Esta línea no había sufrido modificaciones desde que se puso en marcha desde el año 2006 y había interés en renovar la tecnología. El tentáculo de potón necesita ser macerado para reducir su sabor y olor ácido/amoniaco y para mejorar su textura correosa. El tratamiento de maceración por inmersión requería de un periodo de reposo del tentáculo crudo de 48 h, donde era necesario contar con un espacio determinado, un volumen de agua importante, sistemas de agitación y frío para conservar el producto. Como se ha comentado, se propuso introducir la maceración por inyección para reducir el tiempo, espacio, consumo de energía y de agua, e intentar obtener un producto con similares características sensoriales.

### Objetivos

Mejorar la técnica de maceración para reducir el tiempo del tratamiento, conseguir una textura menos firme, que ofreciera una mordida más elástica y con menos resistencia, así como un aumento de la jugosidad y ternura de los tentáculos de potón.

### Experimental

Se hicieron pruebas a pequeña escala para asegurar que el nuevo tratamiento de maceración por inyección podía implementarse. Los parámetros de inyección se tuvieron que ajustar para conseguir que los tentáculos de potón resultaran aceptables en la evaluación sensorial tras la etapa posterior de cocinado. Los resultados preliminares más favorables se obtuvieron programando la inyectora a una presión de 4.5 kPa y una velocidad de la banda de 0.013 m/s. El rendimiento del tentáculo de potón tras la inyección fue del 20% y se dejó reposar el producto inmerso en salmuera durante 1 h a 4°C.

La **tabla 15** recoge la formulación (proporción de agua, salmuera y aditivo) utilizada para preparar el medio de maceración por inyección. El preparado comercial utilizado era un polvo a base de fosfatos (E-450, E451) y carbonato sódico (E-500). Los fosfatos y carbonatos corrigen el pH, favorecen la retención de agua y, por tanto, el ablandamiento del producto. Los fosfatos tienen un límite de 5000 mg/kg en la UE según lo establecido en el Real Decreto 1333/2008. Aunque el uso de este aditivo está permitido en cefalópodos, no todos los clientes aceptan la adición de fosfatos y prefieren productos “etiqueta limpia”.

**Tabla 15.** Medio de maceración usado en las pruebas de inyección.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidad</b>
Agua de red	400 l
Salmuera preparada 18,3% Sal	40 l
Aditivo en polvo	E-500 (Carbonato de sodio)
	E-450 (Difosfato)
	E-451 (Trifosfato)
	40 kg

Las pruebas preliminares fueron dudosas porque el producto crudo inyectado presentaba perforaciones apreciables a simple vista. Se hicieron pruebas con varias especies de cefalópodos (calamar, pulpo y potón) pudiéndose comprobar que todos presentaban este tipo de perforaciones antes de ser cocinados, lo que no sucede en la carne, ya que la composición, disposición del tejido y fibras musculares son diferentes. No obstante, se comprobó que estas perforaciones no eran apreciables tras la etapa de cocinado, y, por tanto, no se consideraron un defecto de fabricación.

En primer lugar, se estudió el rendimiento o mermas totales de peso. Para ello se controló el peso antes y después del cocinado. A continuación, se evaluó el olor, sabor y dureza en el tentáculo de potón cocinado y descongelado. Para ello, se reclutó un panel sensorial con miembros de la empresa para evaluar el producto final mediante análisis sensorial descriptivo cuantitativo con muestras de referencia. En último lugar, se evaluó la calidad microbiológica para asegurar que la nueva técnica de maceración daba como resultado un producto que cumplía los estándares microbiológicos establecidos.

Las evaluaciones se realizaron con piezas seleccionadas tras el cocinado y congelado. Las muestras para el ensayo fueron ubicadas en la cámara de refrigeración, en la que se almacenaban durante 24 h para su descongelación.

## Resultados

La **tabla 16** muestra los datos ponderales obtenidos en tentáculo de potón cocinado a diferentes tiempos, sin maceración previa, macerado por inmersión y macerado por inyección.

Los valores de mermas de peso para los diferentes tratamientos se muestran en la **tabla 17**. Tanto el método de maceración, como el tiempo de cocinado, afectaron al rendimiento en peso del producto. La etapa de maceración por inyección mejoró el rendimiento del potón cocinado a casi todos los tiempos de cocinado ensayados. En general, el producto tratado por inmersión adoptó valores intermedios, aunque parecidos a los del producto sin tratar.

Como muestra la **figura 67**, la merma promedio fue mayor en el tentáculo de potón sin macerar (58,5%), seguido por el producto macerado por inmersión (54,6%) y por el producto macerado de inyección (51,3%). Por tanto, la maceración por inyección produjo una mejora en el rendimiento del 7,4% respecto al producto sin macerar y del 3,3% respecto al producto macerado por inmersión. Se consiguió un objetivo de suma importancia para los costes del proceso productivo.

**Tabla 16.** Peso inicial y final (g) del tentáculo de potón crudo y cocinado a 98°C durante distintos tiempos.

	<b>Tiempo de cocinado (min)</b>					
	<b>Crudo</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>
<b>No macerado</b>		758	580	534	510	502
	1384	758	598	538	512	492
		970	744	676	650	628
		860	638	578	552	542
		1140	850	764	724	704
Media		897,2	682	618	589,6	573,6
ESM	215,8	161,5	113,4	99,7	94,2	90,5
<b>Inmersión</b>		732	612	580	568	562
	1279	1062	896	830	796	784
		732	610	580	568	562
		800	650	606	588	578
		616	494	462	446	438
Media		788,4	652,4	611,6	593,2	584,8
ESM	188,9	166,6	148,2	134,3	126,6	124,8
<b>Inyección</b>		1003,6	762,8	703,4	670,6	649,3
	1359	832,9	646,5	592,3	571,2	558,7
		813,5	636,4	593,3	569,3	550,3
		1056,5	831,2	756,4	732,8	708,6
		1311,7	1020,5	920,8	867,5	847,9
Media		1003,6	779,5	713,2	682,2	662,9
ESM	230,4	201,9	157,5	136,1	124,6	122,5

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-c</sup> Efecto del tratamiento de maceración; <sup>x-z</sup> Efecto del tiempo cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel.

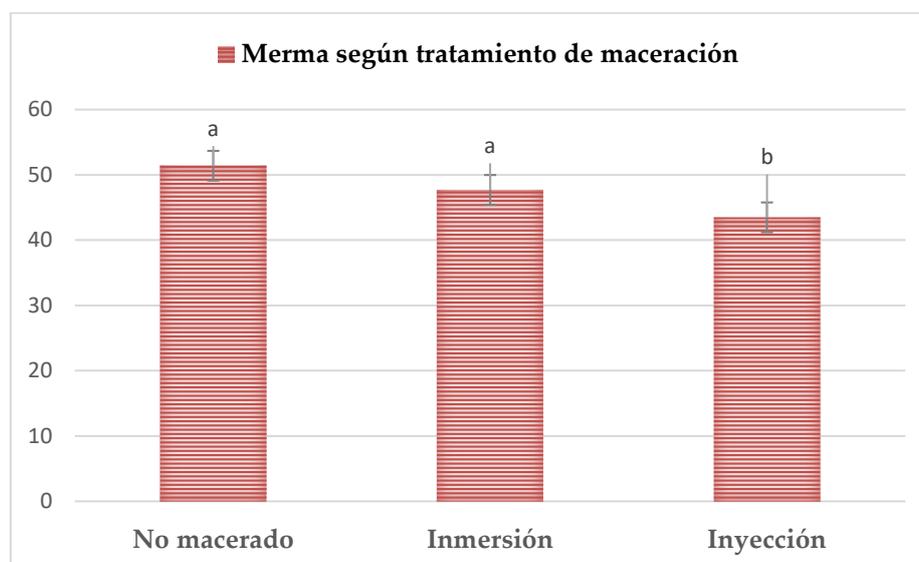
**Tabla 17.** Efecto del método de maceración y del tiempo de cocinado (98°C) sobre las pérdidas de peso (g/100g) del tentáculo de potón.

		Tiempo de cocinado (min)					Total	ESM
		10	20	30	40	50		
		M	M	M	M	M		
<b>Mermas</b>	No tratado	35.3	<sup>a, z</sup> 50.7	<sup>a, y</sup> 55.3	<sup>a, x</sup> 57.4	<sup>a, x</sup> 58.5	<b>51.4</b>	1.11
	Inmersión	38.7	<sup>a, y</sup> 49.3	<sup>a, x</sup> 52.5	<sup>a, x</sup> 53.9	<sup>a, x</sup> 54.5	<b>47.7</b>	2.02
	Inyección	26.3	<sup>b, z</sup> 42.8	<sup>b, x</sup> 47.6	<sup>b, x</sup> 49.8	<sup>b, x</sup> 51.2	<b>43.5</b>	1.60
	<b>Total</b>	<b>33.4</b>	<b>47.6</b>	<b>51.8</b>	<b>53.6</b>	<b>54.7</b>		
<i>ESM</i>		2.09	1.70	1.42	1.38	1.39		

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-c</sup> Efecto del tratamiento de maceración; <sup>x-z</sup> Efecto del tiempo cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

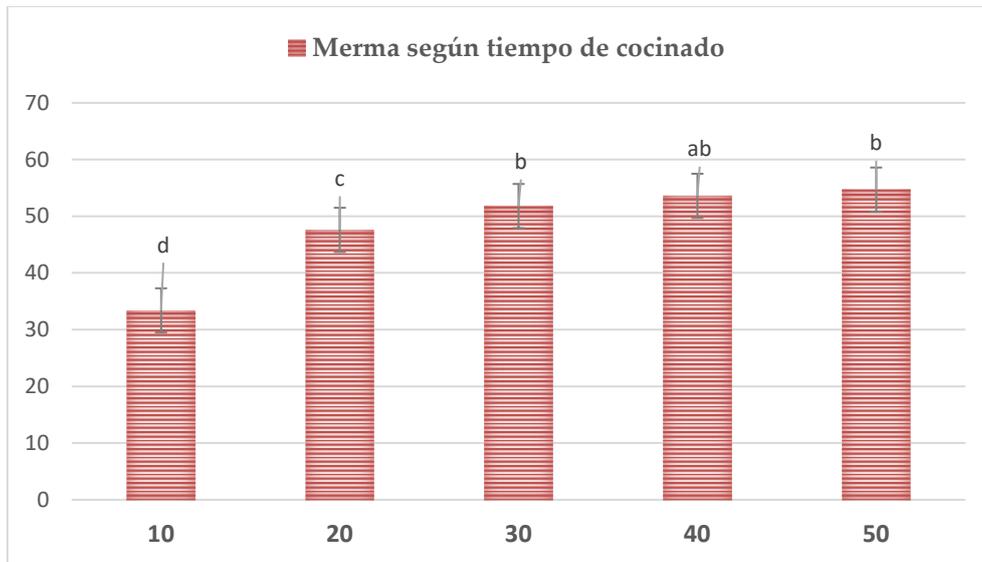
Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel.

**Figura 67.** Efecto del método de maceración sobre los valores medios de las mermas de peso (g/100g) del tentáculo de potón cocinado.

<sup>a-c</sup> Efecto del tratamiento de maceración; (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Por su parte, se comprobó que, con independencia del método de maceración, empleando tiempo de cocinado superiores a 30 min no se producía un incremento estadísticamente significativo de las mermas de peso. Como puede verse en la figura 68, las mermas promedio aumentaron de 10 a 20 min de cocinado y después se estabilizaron en la franja de 30 a 50 min. Por tanto, el tiempo de cocinado se estableció en 50 min para intentar conseguir un cocinado del producto lo más completo posible a la espera de obtener los resultados de la evaluación sensorial.

**Figura 68.** Efecto del tiempo de cocinado (min) sobre los valores medios de las mermas de peso (g/100g) del tentáculo de potón cocinado.



<sup>a-c</sup> Efecto del tiempo de cocinado; (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Los datos sensoriales se recogen en la **tabla 18** y **figura 69**. El método de maceración no modificó los valores de olor, sabor y dureza a ninguno de los tiempos de cocinado empleados en el ensayo para el tentáculo de potón. Por tanto, la nueva técnica utilizada asegura que el producto conserve las mismas propiedades sensoriales que con el tipo de maceración anterior. Los atributos de olor y sabor del potón cocinado dependen más del tratamiento térmico, en cambio, la maceración, bien por inmersión o bien inyección, aumenta la retención y debería proporcionar un producto final con mejor ternura y mayor jugosidad. Sin embargo, los resultados de la evaluación sensorial no fueron concluyentes, lo que sugiere el entrenamiento de los catadores de la empresa no fue el adecuado, o bien es posible que pequeñas diferencias de humedad o jugosidad no sean suficiente para producir cambios de textura en un producto como el potón, donde el tejido conectivo juega un papel crucial en la misma.

**Tabla 18.** Efecto del tratamiento de maceración y del tiempo de cocinado sobre las puntuaciones de olor, sabor y dureza del tentáculo de potón.

		Tiempo de cocinado (min)					Total	ESM
		10	20	30	40	50		
		M	M	M	M	M		
Olor	No tratado	13.8 <sup>a</sup>	10.5 <sup>ab</sup>	11.4 <sup>ab</sup>	10.5 <sup>ab</sup>	10.0 <sup>b</sup>	<b>11.2</b>	1.26
	Inmersión	12.9	12.7	11.0	11.6	12.2	<b>12.0</b>	1.62
	Inyección	12.4	12.7	11.3	13.3	11.3	<b>12.8</b>	1.60
Sabor	No tratado	12.8	12.3	12.7	13.2	10.9	<b>12.3</b>	2.25
	Inmersión	12.6	13.9	13.7	14.4	12.3	<b>13.3</b>	2.00
	Inyección	13.7	12.5	9.7	11.6	10.6	<b>11.6</b>	2.04
Dureza	No tratado	16.0	13.7	17.5	16.8	16.4	<b>16.0</b>	3.76
	Inmersión	17.4	13.3	15.3	14.4	12.3	<b>14.5</b>	3.42
	Inyección	16.6	16.02	16.7	15.2	15.8	<b>16.0</b>	2.06

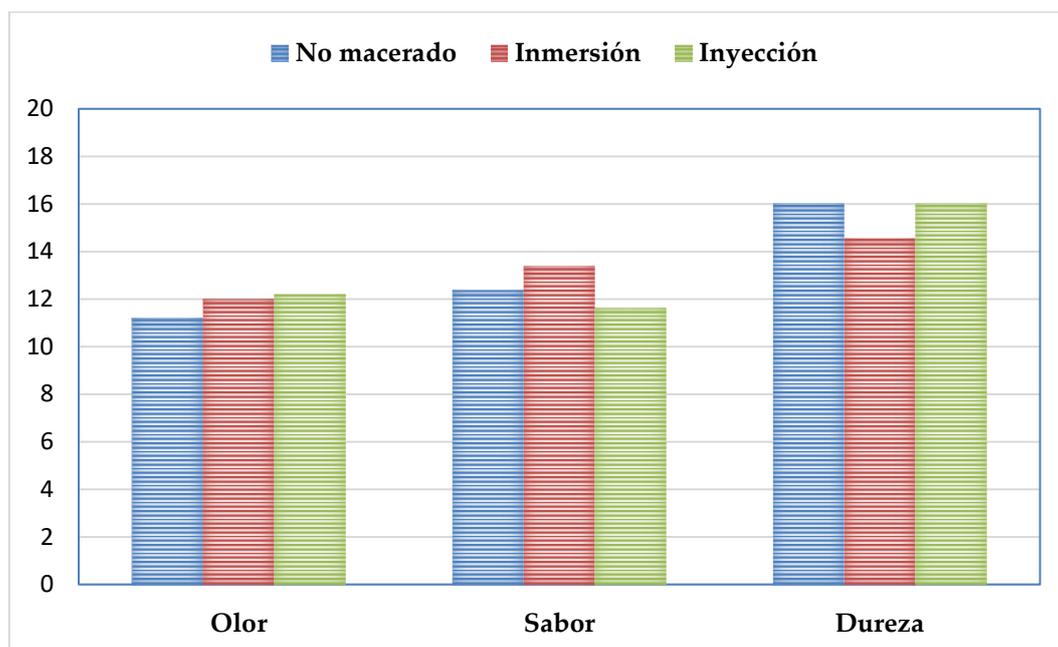
M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>x-z</sup> Efecto del tiempo de cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Escala utilizada: 6-18

Temperatura de análisis: 23-24°C.

Tamaño de muestra: n=6 por tratamiento y nivel.

**Figura 69.** Efecto del tratamiento de maceración sobre las puntuaciones promedio de olor, sabor y dureza del tentáculo de potón.

Como muestra la **tabla 19**, todos los indicadores de seguridad microbiológica controlados por la empresa, incluyendo *L. monocytogenes*, *Salmonella spp*, Enterobacterias, *E. coli* y *S. aureus*, dieron valores por debajo de los límites legales establecidos para el producto macerado y sin macerar. Ello sugiere que el tratamiento de maceración no parece tener una incidencia importante en los niveles de patógenos de este producto, el cual fue cocinado a 98°C durante 50 min, un tratamiento térmico prolongado que podría haber inhibido el crecimiento de estos microorganismos.

**Tabla 19.** Recuentos microbiológicos determinados en tentáculo potón cocinado (cocinado durante 50 min).

	Tratamientos	Recuentos
<i>L. monocytogenes</i>	No macerado	Ausencia 25g
	Inmersión	Ausencia 25g
	Inyección	Ausencia 25g
<i>Salmonella spp</i>	No macerado	Ausencia 25g
	Inmersión	Ausencia 25g
	Inyección	Ausencia 25g
Enterobacterias	No macerado	<1 Log UFC/g
	Inmersión	<1 Log UFC/g
	Inyección	<1 Log UFC/g
<i>E. coli</i>	No macerado	<1 Log UFC/g
	Inmersión	<1 Log UFC/g
	No tratado	<1 Log UFC/g
<i>S. Aureus</i>	No macerado	<1 Log ufc/g
	Inmersión	<1 Log ufc/g
	Inyección	<1 Log ufc/g

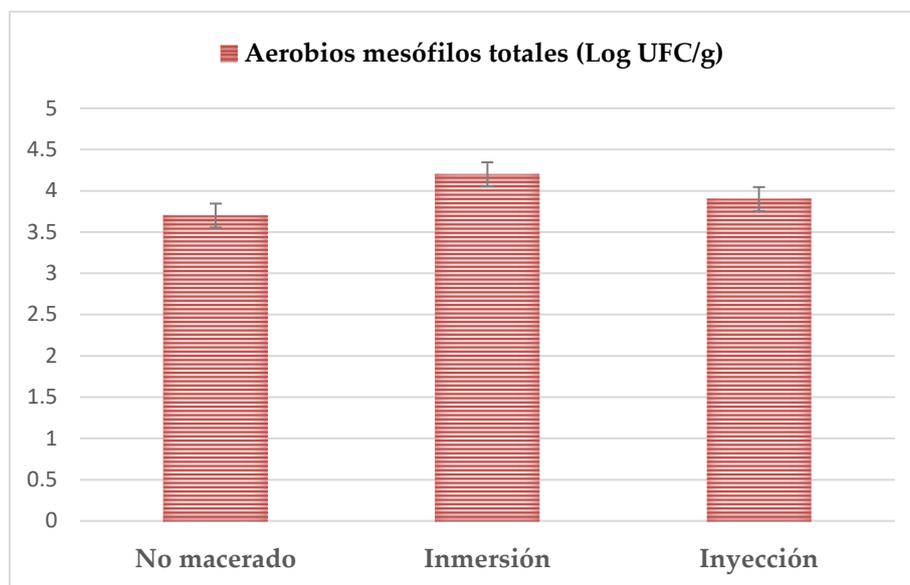
UFC: Unidad formadora de colonias

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilas se muestran en la **figura 70**. La maceración por inyección proporcionó un producto con cargas de mesófilos similares a las que se obtienen en el producto no tratado o macerado por inmersión, y, por tanto, no resultó un tratamiento que implique riesgos microbiológicos adicionales. En todos los casos, los niveles de mesófilos alcanzados estuvieron dentro de los límites autorizados por la UE (6 Log UFC/g), teniendo en cuenta que estos microorganismos pueden proliferar en este producto antes de ser congelado.

Según lo anterior, macerar el tentáculo de potón antes de ser cocinado no dio lugar a un crecimiento adicional de bacterias mesófilas. Las razones de que éstas permanezcan en valores en torno a 4 Log UFC/g podrían ser varias. El tentáculo se conserva a temperatura de refrigeración en una zona delimitada y controlada. La salmuera hace que disminuya la actividad del agua y, como consecuencia, aumenta la estabilidad

microbiológica. Además, la temperatura de la zona de trabajo estaba en torno a 10 °C, lo que debería ayudar a ralentizar el crecimiento microbiológico, a pesar a que la humedad ambiente de la sala era alta (65 g/m<sup>3</sup>) debido a que el sistema de extracción y renovación del aire tiene una capacidad limitada y era relativamente eficiente

**Figura 70.** Efecto del método de maceración sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en tentáculo de potón cocinado.



UFC: Unidad formadora de colonias

## Discusión

La maceración en soluciones salinas ácidas se ha venido utilizado tradicionalmente como medio para ablandar la textura y dar sabor a los productos a base de músculo. Estos tratamientos químicos disminuyen la resistencia mecánica, sin embargo, se necesitan períodos prolongados de tiempo para lograr una maceración completa debido a la lenta penetración de los ácidos exógenos, lo que puede limitar la eficacia de este tratamiento (Theron & Lues, 2007). Por lo tanto, la inyección de la solución permite una difusión más rápida del ácido en el músculo y da como resultado una disminución más rápida de la fuerza mecánica y un aumento de la sensibilidad (Berge et al., 2000).

Según Xargayó et al., (2004), la inyección mediante una inyectora multiagujas con efecto "spray" es el método más seguro, fiable y moderno. No se forman bolsas de salmuera alrededor de la aguja, sino que fuerzan el marinado a pasar a gran velocidad causando la dispersión de miles de microgotas nebulizadas, las cuales se introducen profundamente entre las fibras sin causar daño a la estructura muscular.

Al igual que este autor, Albarracín et al., (2011) también defienden que la inyección de la salmuera mediante agujas dentro de la pieza de carne asegura una distribución rápida y uniforme de las sales dentro del tejido de la carne.

---

Aunque las inyecciones con soluciones de calcio se han utilizado para mejorar la ternura de la carne al aumentar la actividad enzimática (Bunmee et al., 2014), pero también pueden alterar su color y dar sabores anómalos (McArdle et al., 2010), lo cual condiciona su empleo.

El efecto que el ablandamiento mecánico tiene sobre la ternura a través de agujas se ha atribuido a la parcial destrucción del tejido conjuntivo y las fibras musculares, todo lo cual lleva a una reducción de la resistencia en la fuerza de corte y masticación, que produce un ablandamiento de la carne (Zenaida & Mendoza, 2022). Tras la inyección, el mecanismo de difusión de las sales en el interior del tentáculo puede ser descrito de manera similar a los otros tipos de salado. La sal difunde desde el punto de inyección hacia el resto del tejido debido a las fuerzas osmóticas. La transferencia de los solutos disueltos está regulada por el gradiente de concentración y la distancia a recorrer por los electrolitos solubilizados.

Durante el proceso de maceración, la difusión de sal y agua en el interior del alimento va a estar influida por diversos factores. Algunos de ellos dependen de la materia prima como el pH, contenido en agua, estructura y orientación de las fibras de los músculos, especie genética, contenido de grasa, estado de materia prima (fresca o congelada) y la presencia o ausencia de piel. Otros dependen del proceso tecnológico, por ejemplo, la concentración de sal, temperatura, medio de sal (sal sólida o salmuera) y tamaño de los cristales de sal (Grau et al., 2008).

La transferencia de masa es un fenómeno de transporte que aparece en muchas operaciones dentro de la industria alimentaria (Puértolas et al., 2012). Durante la maceración, la salmuera difunde hacia el interior del alimento, mientras que el agua difunde hacia el exterior debido a las diferencias de concentración y presiones osmóticas entre las células y el agente de salazón. Ambos tipos de transporte, el de agua y el de las sales, se pueden modelizar a través de la ley de Fick, donde la velocidad de transferencia de masa que difunde a través de una sección de área unitaria es directamente proporcional al gradiente de concentración (Olivares, 2018).

Después de conocer los resultados de este ensayo, la empresa decidió implementar en la factoría la inyección como nueva técnica de maceración para el tentáculo de potón. Los argumentos para implementar la inyección fueron varios y de diferente naturaleza. La maceración por inyección permitía elaborar unas 15 T al día de tentáculo de potón, sin la necesidad de esperar durante 48 h. Esto supuso una mejora en la planificación de la producción y permitió una mayor agilidad a la hora de encontrar desviaciones. La mejora en la capacidad de producción de la empresa fue muy importante.

Además del ahorro de tiempo, hubo una importante reducción del consumo de agua que se redujo en un 280% (de 140.000 a 5.000 l), que ya no se necesitaba para sumergir los tentáculos en los tanques, también se bajó el consumo de electricidad en 1600 GW/h, ya que no era necesario mantener el producto refrigerado durante tanto tiempo y no se utilizaba el sistema de agitación programado. A esto hay que sumar las mejoras ya mencionadas en el rendimiento en peso del producto.

## **Conclusión**

La maceración por inyección ahorra tiempo, permitiendo alcanzar una mayor capacidad de producción. Además, reduce el consumo de agua necesaria para el proceso y mejora el rendimiento en peso del producto, un aspecto crucial a escala industrial, y, todo ello, manteniendo unos estándares sensoriales y microbiológicos similares a los del proceso original.

### 6.3. Influencia del origen del potón sobre la composición y rendimiento de los tentáculos crudos y cocinados.

#### Introducción

El origen del potón puede determinar diferencias en el tamaño de los animales, puede modificar el efecto de los tratamientos tecnológicos aplicados y la calidad del producto cocinado. En concreto, las enormes diferencias en el tamaño medio de los ejemplares obtenidos en diferentes pesquerías del Pacífico oriental (Perú, Chile y zona bentónica) podría afectar al rendimiento y la composición proximal de los tentáculos de potón.

#### Objetivo

El objetivo fue determinar posibles diferencias de composición y rendimiento (macerado y cocinado) en los tentáculos de potón de diferente calibre procedentes de tres zonas de captura del Pacífico Oriental (Perú, Chile y zona bentónica).

#### Experimental

Los tratamientos fueron el origen o zona de captura (**tabla 20**) y la etapa del procesado (maceración por inmersión y cocinado). Se analizaron por triplicado muestras de dieciocho bloques de tentáculos congelados (3 bloques x 3 orígenes de pesca x 3 temporadas de pesca). Los bloques de tentáculos congelados se almacenaron a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 1 o 2 meses antes de la fabricación del producto cocinado.

**Tabla 20.** Descripción de los modelos de tentáculos de potón propuestos para el ensayo.

	Origen pesquero		
	Chile	Bentónico	Perú
	Mediano	Grande	Pequeño
Rango de peso de tentáculos enteros (8)	1-2 kg	2-3 kg	0.5-1 kg
Peso medio tentáculos enteros (8)	1.850 kg	2.200 kg	0.610 kg
Coordenadas del área FAO	87.2.2 25.220000,71.397112	- 87.2.5 26.168045,105.926169	- 87.1.2 15.373938,- 76800431
Fecha de captura y congelación	06.2017-07.2018	03.2017-03.2018	09.2017-05.2018
Fecha de recepción	01.2018-10.2018	01.2018-10.2018	01.2018-11.2018
Fecha de procesado	02.2018-12.2018	02.2018-12.2018	03.2018-12.2018

## Resultados

La **tabla 21** muestra la composición proximal de los tentáculos de potón crudo y cocinado con distinto origen. En conjunto, el contenido de humedad disminuyó de 83,0 g/100 g (materia prima) a 75,1 (producto cocinado), el contenido de proteína total aumentó considerablemente de 13,0 (crudo) a 20,8 g/100g (cocinado), el contenido de lípidos totales fue similar en el producto crudo y cocinado (alrededor de 2,1 g/100g), mientras que el contenido de cenizas aumentó de 1,2 g/100g (crudo) a 1,8 g/100g (cocinado). Un análisis posterior confirmó que las especias de cocina utilizadas contenían 0,3 g de nitrógeno por 100 g de producto, de los cuales una parte podría haber pasado al potón cocinado.

La zona de origen produjo algunas diferencias en la composición del tentáculo de calamar. En cuanto a la materia prima, las muestras de origen bentónico (tamaño grande) presentaron el mayor contenido de humedad seguido de las muestras de origen Perú (tamaño pequeño) y Chile (tamaño mediano), mientras que el contenido de lípidos fue mayor en las muestras de origen Perú que en las de Chile. Después del cocinado, las muestras de origen Perú tenían los contenidos de ceniza y humedad más bajos, mientras que las muestras de origen bentónico tenían el contenido de ceniza más alto.

**Tabla 21.** Composición proximal (g/100g) de los tentáculos de potón crudos y cocinados procedentes de tres pesquerías del Pacífico.

	Chile	Bentónica	Perú	Promedio	
	Mediano	Grande	Pequeño	M	SEM
	M	M	M	M	SEM
Tentáculos crudos					
Humedad	82,01 <sup>c</sup>	83,76 <sup>a</sup>	83,10 <sup>b</sup>	82,96	0,27
Proteínas totales	12,75	12,67	13,04	13,02	0,25
Lípidos totales	2,19 <sup>b</sup>	2,29 <sup>ab</sup>	2,63 <sup>a</sup>	2,37	0,08
Cenizas	1,25	1,15	1,08	1,16	0,03
Tentáculos cocinados					
Humedad	75,45 <sup>a</sup>	76,19 <sup>a</sup>	73,78 <sup>b</sup>	75,13	0,30
Proteínas totales	20,77	20,23	21,54	20,85	0,25
Lípidos totales	2,04	2,21	2,33	2,20	0,06
Cenizas	1,77 <sup>ab</sup>	2,16 <sup>a</sup>	1,59 <sup>b</sup>	1,84	0,08

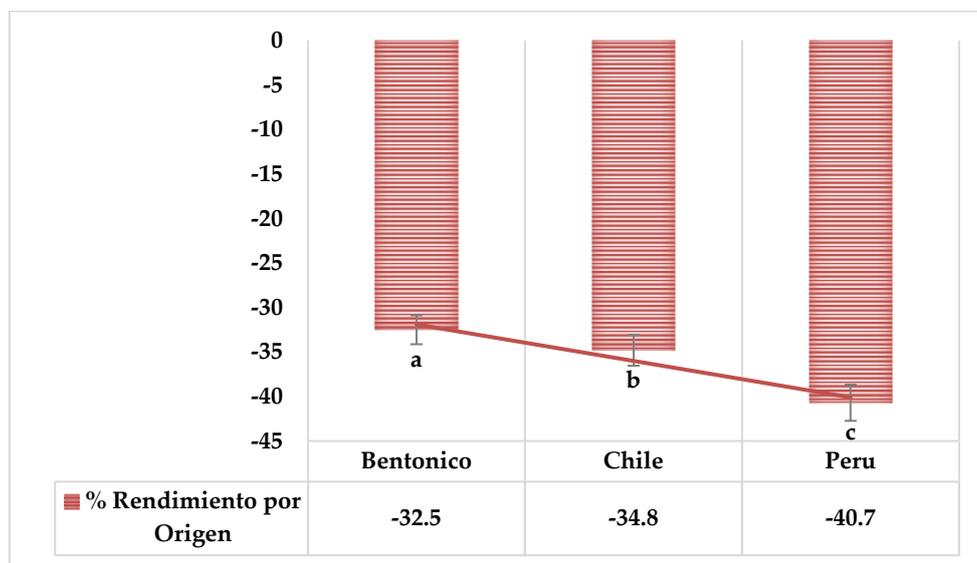
M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-b</sup> Medias con diferentes superíndices son diferentes para  $P < 0.05$ .

Tamaño de muestra n=27 bloques.

Los datos de rendimiento del producto en el cocinado (**figura 71**) fueron concluyentes. El tentáculo de potón de origen bentónico, el de mayor tamaño, presentó un 32,5% de mermas de peso, seguido por el de origen Chile, con un peso intermedio, con un 34,8% de mermas, y finalmente por el de origen Perú con un 40.7%.

**Figura 71.** Resultados de rendimiento del tentáculo de potón cocinado de tres orígenes diferentes.



ESM: error estándar de la media: 0.71

<sup>a-c</sup> Medias con diferentes superíndices son diferentes para  $P < 0.05$ .

## Discusión

Los factores que pueden justificar las diferencias entre los datos analíticos presentes en este estudio y lo reportado por los autores antes mencionados pueden ser la especie de calamar, la temporada de captura, la parte analizada y el manejo de la muestra. El medio ambiente juega un papel determinante en el proceso de desarrollo y crecimiento, de tal forma que organismos capturados en distintas épocas del año probablemente tendrán tasas de crecimiento y edades diferentes, lo cual se debe tener presente cuando se hacen estudios referentes al tema. Los parámetros físicos de concentración de clorofila superficial y los datos de profundidad permiten describir de manera general las características del hábitat del calamar gigante. Con lo que se puede decir que el calamar gigante no presenta preferencias en temperatura, al haberlo encontrado tanto en zonas cálidas como frías, lo cual está acorde con lo dicho por varios autores (Mejía-Rebollo, 2008).

Los cefalópodos se consideran una excelente fuente de nutrientes de alta calidad (proteínas, lípidos poliinsaturados n-3, minerales esenciales, etc.); sin embargo, existe una idea creciente de que los mariscos pueden provenir de aguas cada vez más contaminadas, por lo que su consumo a menudo se percibe como un peligro potencial para la salud (Leblanc et al., 2005).

En el caso del calamar gigante, las fábricas de mariscos ubicadas en países desarrollados dependen cada vez más de las materias primas de las pesquerías del Pacífico (Torres-Arreola et al., 2017), y la industria pesquera está interesada en conocer las implicaciones nutricionales con el consumo de productos de la pesca a base de calamar. El contenido en nutrientes puede variar durante el procesado del marisco; por ejemplo, la evisceración elimina los minerales depositados en el hígado y otros órganos, mientras que otros tratamientos aplicados a las partes comestibles pueden favorecer el intercambio de minerales a través de exudados, medios de maceración o caldos de cocción. Además, las pérdidas de jugo por cocción pueden concentrar los nutrientes inicialmente presentes en las materias primas (Czech & Stachyra, 2013).

Según lo defendido por Silva et al. (2013), la pérdida por cocción se vio afectada por el tamaño de partícula, a menor tamaño de partícula menor pérdida en cocción (Sen & Karim 2003). Otros estudios han establecido que los animales jóvenes contienen relativamente más colágeno total que aquellos de edad avanzada, con enlaces covalentes más lábiles entre las moléculas de tropocolágeno. Estos enlaces se van tornando más estables a medida que el animal avanza en edad. Este descenso en la proporción de enlaces covalentes lábiles es directamente responsable del aumento en la estabilidad termal del colágeno intramuscular (Aberle et al., 2001). Jaturasitha et al. (2008) exponen que la carne con más edad al sacrificio tiene menor pérdida de peso por ebullición.

### **Conclusión**

El origen pesquero determina grandes diferencias de tamaño en el tentáculo de potón que afectan a su composición y rendimiento en el cocinado. Los tentáculos de menor tamaño parten con un menor contenido en humedad tras la descongelación, lo que aumenta el porcentaje relativo de lípidos. Pese a los reglajes aplicados en la duración del tratamiento en el túnel de cocción, el producto de menor tamaño al final retiene menos jugos y presenta menor rendimiento. Resulta necesario mejorar los ajustes en las condiciones de cocción para intentar estandarizar el producto final con independencia de la pesquería de origen.

---

## 6.4. Cambios en el contenido mineral durante la maceración y el cocinado de materias primas de diferente origen y su posible influencia en la ingesta

### Introducción

Los cefalópodos se consideran una excelente fuente dietética de algunos minerales esenciales, cuyos niveles pueden variar durante el procesado. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, el consumo de marisco a menudo se percibe como un peligro potencial para la salud debido a la acumulación de elementos tóxicos como los metales pesados. En este ensayo se estudió la presencia de semimetales y metales en tentáculos de potón del Pacífico de tres zonas de captura del Pacífico Oriental (Perú, Chile y zona bentónica) para dilucidar su composición mineral, comprobar cómo afecta el proceso de fabricación (maceración y cocinado) al contenido mineral resultante en producto final y comprobar que las ingestas de minerales son adecuadas.

### Objetivo

El objetivo fue determinar el contenido de semimetales y metales en tentáculos de potón crudo y cocinado procedente de diferentes zonas de captura, así como establecer los niveles de ingesta y riesgo toxicológico derivados de su consumo.

### Experimental

Continuando con el ensayo anterior, se estudió el contenido mineral en tentáculos de potón de tres zonas de captura del Pacífico Oriental (Perú, Chile y zona bentónica), tal como indica la **tabla 22**. También se estudiaron los minerales de los medios empleados de maceración y cocinado.

**Tabla 22.** Parámetros propuestos para el estudio del contenido mineral en los medios empleados y en tentáculos de potón de diferente origen.

Minerales	Medios empleados	Origen del potón
	Agua del grifo	Perú
Al, As, B, Ca, Cr, Cu Fe, K, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Pb, Rb, Si, Sr, Ti, Tl, Zn	Solución de maceración	Chile
	Especias para cocinar	Zona Bentónica
	Caldo de cocinado	

Los macro- y microminerales se determinaron de acuerdo con la norma ISO 11.885 (1996) mediante Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplada Inductivamente (ICP-OES), excepto para Hg que fue determinado mediante ICP-MS en un laboratorio externo.

Las Ingestas Dietéticas de Referencia (IDR) se calcularon de acuerdo con las guías publicadas por la FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS). Las referencias utilizadas fueron: (1) Ingesta dietética recomendada (RDA); (2) Ingesta adecuada (AI), Nivel máximo de ingesta tolerable (UL); y (3) Ingesta Semanal Estimada (EWI) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  p.v.) para Pb, Cd y Hg. El nivel de riesgo por exposición a los metales tóxicos Hg, Cd y Pb en una población se estimó a partir del Target Hazard Quotient.

## Resultados

La mayoría de los macro- y microminerales analizados, particularmente Na, ya estaban presentes en diferentes concentraciones en los aditivos y medios utilizados para el procesamiento de tentáculos de calamar (**tabla 23**).

**Tabla 23.** Concentración de semimetales y metales en el agua del grifo (mg/ml), solución de maceración (mg/ml), especias para cocinar (mg/kg) y caldo de cocinado (mg/kg) utilizado para fabricar el tentáculo de potón cocinado.

	Agua grifo	Solución maceración	Especias	Caldo cocinado
	M	M	M	M
Al	<0.10	<0.10	12.48	0,30
As	<0.01	<0.01	0.09	<0.01
B	0.10	0.71	0.79	0,02
Ca	86.33	72.96	256.48	6,11
Cr	<0.01	0.07	0.83	0,02
Cu	0.04	0.13	0.14	0
Fe	<0.10	<0.10	10.08	0,24
K	7.27	222.70	572.73	13,64
Li	0.03	0.27	0.55	0,01
Mg	34.83	168.50	59.75	1,42
Mn	0.18	0.42	1.82	0,04
Mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Na	140.10	3.27 $10^4$	17.56 $10^4$	4180.95
Ni	<0.01	0.01	0.81	0,02
Pb	<0.01	<0.01	0.16	<0.01
Rb	<0.01	0.33	0.78	0,02
Si	3.80	2.05	284.61	6,78
Sr	1.43	2.00	11.49	0,27
Ti	<0.01	0.03	1.74	0,04
Tl	<0.01	<0.01	0.06	<0.01
Zn	<0.01	0.05	1.97	0,05

Límites de cuantificación: 0,01 g por 100g o 100ml (macrominerales), 0,1 mg por kg o l (Al, Fe y Si) y 0,01 mg por kg o l (resto de microminerales).

Valores por debajo del límite de cuantificación: Be, Bi, Cd, Co, Hg, La, Sb, Se y V.

Los contenidos promedio de metales y semimetales en tentáculos de calamar crudos y cocinados se muestran en las **tablas 24 y 25**, respectivamente.

**Tabla 24.** Contenido de macro- (g/100g) y microminerales ((mg/kg) de los tentáculos de potón crudos procedentes de tres pesquerías del Pacífico.

	<b>Tentáculos crudos</b>							
	Chile		Bentónica		Perú		Total	
	<i>M</i>		<i>M</i>		<i>M</i>		<i>M SEM</i>	
<b>Macrominerales</b>								
Ca	0.01		0.01		0.01		0.01 0.00	
K	0.26 <sup>a</sup>		0.19 <sup>b</sup>		0.22 <sup>ab</sup>		0.22 0.01	
Mg	0.03		0.03		0.03		0.03 0.00	
Na	0.16 <sup>a</sup>		0.15 <sup>ab</sup>		0.13 <sup>b</sup>		0.15 0.01	
<b>Microminerales</b>								
Al	1.17		0.14		0.39		0.57 0.29	
As	0.48 <sup>ab</sup>		0.40 <sup>b</sup>		0.56 <sup>a</sup>		0.48 0.03	
B	<0.01		0.01		0.08		0.03 0.02	
Cd	0.02		0.02		0.04		0.02 0.00	
Cr	0.03		0.02		0.04		0.03 0.01	
Cu	2.64		2.15		3.09		2.63 0.30	
Fe	1.10		1.21		0.99		1.10 0.13	
Hg	0.01		<0.01		0.01		0.01 0.00	
Mn	2.77		2.50		2.54		2.60 0.07	
Mo	<0.01		<0.01		0.07		0.02 0.02	
Pb	0.02		0.02		0.02		0.02 0.00	
Rb	0.81		0.58		0.68		0.69 0.04	
Se	0.15		0.10		0.21		0.15 0.02	
Si	3.32		4.95		5.53		4.60 1.11	
Sr	1.31		1.27		1.27		1.28 0.04	
Ti	0.08		0.08		0.15		0.10 0.03	
Zn	14.50		13.27		13.20		13.66 0.28	

M: media; SEM: Error estándar de la media.

Medias con diferentes superíndices son diferentes para  $P < 0.05$ .

Límites de cuantificación: 0,01 g/100g (macrominerales), 0,1 mg/kg (Al, Fe y Si) y 0,01 mg/kg (resto de microminerales)

Valores por debajo del límite de cuantificación: Be, Bi, Co, La, Li, Ni, Sb, TI y V.

**Tabla 25.** Contenido de macro- (g/100g) y microminerales ((mg/kg) en tentáculos de potón cocinados procedentes de tres pesquerías del Pacífico.

Tentáculos cocinados					
	Chile	Bentónico	Perú	Total	
	M	M	M	M	SEM
Macrominerales					
Ca	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
K	0.11	0.11	0.09	0.10	0.02
Mg	0.06	0.08	0.06	0.07	0.01
Na	0.33 <sup>b</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.29 <sup>b</sup>	0.37	0.06
Microminerales					
Al	1.21	2.57	0.73	1.51	0.99
As	0.77	0.99	0.68	0.81	0.14
B	0.36	0.47	0.47	0.44	0.12
Cd	0.05 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.09	0.04
Cr	0.11 <sup>a</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.08	0.02
Cu	3.35	3.13	2.4	2.96	0.64
Fe	1.96	4.15	1.42	2.51	1.82
Hg	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01
Li	0.07	0.08	0.07	0.07	0.01
Mn	2.63	3.16	2.60	2.80	0.31
Mo	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.00
Ni	0.05	0.02	0.03	0.04	0.01
Pb	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
Rb	0.57	0.61	0.48	0.55	0.11
Se	0.40	0.31	0.36	0.36	0.04
Si	14.17	14.81	40.71	23.23	17.33
Sr	5.75	6.81	6.84	6.47	1.45
Ti	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01
Tl	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
Zn	22.79	19.44	22.09	21.44	3.03

M: media; SEM: Error estándar de la media; Medias con diferentes superíndices son diferentes para \*P<0.05.

Límites de cuantificación: 0,01 g/100g (macrominerales), 0,1 mg/kg (Al, Fe y Si) y 0,01 mg/kg (resto de microminerales)

Valores por debajo del límite de cuantificación: Be, Bi, Co, La, Mo, Sb y V.

---

En la materia prima, los macrominerales (g/100g) más abundantes fueron K (0,22), Na (0,15), Mg (0,03) y Ca (0,01), con las muestras de Chile con las concentraciones más altas de K y Na. Los microminerales (mg/kg) más abundantes fueron Zn (13,7), Si (4,6), Mn (2,6), Cu (2,6), Sr (1,3) y Fe (1,1), mientras que el resto presentó concentraciones inferiores a 1 mg/kg. La concentración de microminerales fue similar en los tentáculos crudos de las tres pesquerías, excepto As y B, cuyos niveles fueron más altos en las muestras de Perú que en las bentónicas.

En cuanto al producto cocinado, los macrominerales más abundantes fueron Na (0,37), K (0,10), Mg (0,07) y Ca (0,03), siendo las muestras bentónicas las que presentaron mayores concentraciones de Na que las muestras de Chile. Los microminerales más abundantes fueron Si (23,2) y Zn (21,4), seguidos de Sr (6,5), Cu (3,0), Mn (2,8), Fe (2,5) y Al (1,5). Al igual que en el caso de la materia prima, el producto cocinado contenía niveles inferiores a 1 mg/kg para el resto de microminerales, incluidos metales pesados tóxicos como Pb, Hg y Cd, sin diferencias entre procedencias pesqueras, salvo Cd (mayor en Perú) y Cr (mayor en Chile). En general, la concentración de metales y semimetales aumentó ( $P < 0,05$ ) en el producto cocinado, con algunas excepciones: los niveles de K fueron menores ( $P < 0,05$ ) en las muestras cocinadas, mientras que los niveles de Cr, Cu, Mn y Mo fueron similares ( $P > 0,05$ ). Así, el origen pesquero apenas afectó la composición mineral del producto crudo o cocinado, excepto por el contenido de sodio.

El origen pesquero fue responsable de variaciones menores en la composición mineral, aunque las diferencias en el tamaño de los tentáculos modularon el intercambio mineral que se produjo durante la descongelación, maceración y/o cocinado. Nuestros resultados confirmaron que los factores que contribuyeron a aumentar la concentración de minerales (absorción del medio y pérdida de jugo) predominaron sobre la lixiviación de minerales. La baja cantidad de Hg, Cd y Pb encontrada en el producto crudo y cocinado sugiere que las pesquerías en cuestión no se ven afectadas por actividades contaminantes humanas.

Los datos relativos al IRD establecido para minerales seleccionados mediante el consumo de calamar cocido se muestran en la **tabla 26**. El consumo de 100 g de producto cocido cubrió una parte relevante del IRD establecido para Na (16,1 %), Mg (10,6 %) y, para en menor medida, para K (2,2%), mientras que su aporte de Ca fue insignificante (0,3%). El consumo de calamares cocidos también cubrió un porcentaje considerable del IRD para Cr (26,7%), Zn (21,4%), Mn (13,7%) y Se (12,0%), mientras que este aporte de otro mineral fue menor.

Además, también se calculó el EWI, PTWI y TQH para Hg, Cd y Pb para el consumo de calamar cocinado (**tabla 27**). En general, el EWI ( $\mu\text{g/g}$ ) para Hg fue de 0,05, lo que representó el 10 % de su PTWI, mientras que el EWI para Cd, el más abundante de estos tres metales pesados, fue ligeramente superior (0,09), lo que representó el 1,3 % de su ITP; finalmente, el ITE del Pb fue especialmente bajo (0,01) y prácticamente no incidió (0,04%) en el PTWI establecido para este metal. En cuanto al contenido de metales, no hubo diferencias entre orígenes en EWI y PTWI, excepto en el caso de las muestras bentónicas, que proporcionaron el doble de ingesta de Cd que los otros dos orígenes. Como era de esperar, las ratios TQH para Hg (0,05), Cd (0,09) y Pb (0,01) también fueron

muy bajos, por lo que el riesgo de exposición a estos metales contaminantes a través del consumo de potón cocinado se consideró irrelevante.

**Tabla 26.** Ingesta total y porcentaje cubierto (entre paréntesis) de la Ingesta Diaria Recomendada (IDR) de minerales seleccionados mediante el consumo de 100 g de tentáculos de calamar cocidos por un consumidor adulto de 60 kg.

	Tentáculos de potón cocinados					IRD
	Chile	Bentónico	Perú	Total		
	M	M	M	M		
<b>Macrominerales</b>						
Ca	30 (0.3)	30 (0.3)	30 (0.3)	30 (0.3)		1,000 mg
K	110 (2.3)	110 (2.3)	90 (1.9)	100 (2.1)		4,700 mg
Mg	33 (9.4)	49 (14.0)	29 (8.3)	37 (10.6)		350 mg
Na	330 (14.3)	490 (21.3)	290 (12.6)	370 (16.1)		2,300 mg
<b>Microminerales</b>						
As	77 (2.6)	99 (3.3)	68 (2.3)	81 (2.7)		3,000 µg
B	36 (0.2)	47 (0.2)	47 (0.2)	44 (0.2)		20,000 µg
Cr	11 (36.7)	7 (23.3)	6 (20.0)	8 (26.7)		30 µg
Cu	335 (3.4)	313 (3.1)	24 (2.7)	296 (0.2)		10,000 µg
Fe	196 (0.4)	415 (0.9)	142 (0.3)	251 (0.6)		45,000 µg
Mn	263 (12.8)	316 (15.4)	260 (12.7)	280 (13.7)		2,050 µg
Ni	5 (0.5)	2 (0.2)	2 (0.2)	3 (0.3)		1,000 µg
Se	40 (13.3)	31 (10.3)	36 (12.0)	36 (12.0)		300 µg
Zn	2279 (22.8)	1944 (19.4)	2209 (22.1)	2144 (21.4)		10,000 µg

DRI publicados por el Instituto de Medicina (Estados Unidos de América) (2011) excepto As (OMS, 1989).

**Tabla 27.** Ingesta semanal estimada (EWI) ( $\mu\text{g kg}^{-1}$  de peso corporal), Ingesta semanal tolerable provisional equivalente (PTWI) (expresada como porcentaje de cobertura) y Cociente de riesgo objetivo (THQ) (razón) para Pb, Cd y Hg a través del consumo de tentáculos de potón cocinados.

Origen	Hg			Cd			Pb		
	EWI	PTWI	THQ	EWI	PTWI	THQ	EWI	PTWI	THQ
Chile	0.06	12.0	0.05	0.06	2.4	0.05	0.01	0.04	0.01
Béntico	0.06	12.0	0.05	0.16	6.4	0.14	0.01	0.04	0.01
Perú	0.04	8.0	0.04	0.06	2.4	0.05	0.02	0.08	0.02
Total	0.05	10.0	0.05	0.09	4.0	0.08	0.01	0.05	0.01

---

## Discusión

Hay pocos estudios disponibles sobre el contenido mineral de los productos de calamar cocinado, y la mayor parte de la información existente corresponde a estudios de contaminación por metales tóxicos en calamar entero. En cuanto a los resultados obtenidos de la materia prima del estudio, el contenido mineral del tentáculo de calamar gigante fue coherente con lo reportado en otros estudios.

Jiao et al., (2018) determinaron varios metales traza en muestras de músculo (todas las partes comestibles) de calamares crudos chinos (*Loligo chinensis*), del Pacífico (*Ommastrephes bartramii* y *Dosidicus gigas*) y del Atlántico (*Illex argentinus*). Al igual que en nuestro estudio, encontraron diferencias considerables según el peso corporal de los calamares de diferentes pesquerías; los contenidos promedio (mg/kg) reportados fueron: Zn (14.8), Fe (7.9), Cu (5.5), As (4.8), Mn (0.8), Cr (0.5), Se (0.4), Cd (0.3), Pb (0.08) y Ni (0.07), con concentraciones cercanas a estos valores promedio en el calamar gigante del Océano Pacífico Oriental.

Kalogeropoulos et al., (2012) encontraron niveles (mg/kg) más similares a los de nuestro estudio para Zn (9,7), Fe (6,0), Cu (4,7), Cr (0,06), Cd (0,3) y Hg (0,05) (Pb y Ni) en carne cruda de calamar mediterráneo (*Loligo vulgaris*). Czech & Stachyra (2013) estudiaron una mayor cantidad de macro y microminerales en muestras crudas de calamar japonés (*Todarodes pacificus*). Al igual que en nuestro estudio, los macrominerales (g/100g) presentes fueron Na (0,37), K, (0,22), Mg (0,03) y Ca (0,01), mientras que los microminerales (mg/kg) presentes fueron Zn (7,1), Fe (10,0), Cu (0,8), Pb (0,09), Cd (0,08) y Hg (0,01). Como se ve, estos resultados difieren ligeramente de los obtenidos para los tentáculos de calamar gigante crudos en nuestro estudio.

Jiao et al., (2018) encontraron que los calamares de las pesquerías en alta mar en el Mar de China podrían presentar un mayor riesgo potencial para la salud debido a los metales contaminantes que los de los océanos Pacífico y Atlántico, siendo mínima cualquier diferencia entre los dos últimos. En el presente estudio, el origen pesquero no parece ser un factor relevante en cuanto al contenido mineral de la materia prima. Como se ve, los niveles de semimetales y metales en las armas en bruto eran bastante homogéneos, a pesar de provenir de diferentes pesquerías y diferentes fábricas de congelación.

Independientemente de la materia prima utilizada, el contenido mineral del potón puede cambiar durante la descongelación, maceración y cocinado. La descongelación dentro de un tanque con sistema de drenaje puede favorecer la lixiviación de minerales, mientras que la maceración con una solución acuosa que contenga sales de sodio puede contribuir a retener los jugos y minerales disueltos. La tasa de absorción de minerales es proporcional al área de contacto y al gradiente de concentración existente entre el potón y la solución de maceración, por lo que puede ocurrir tanto la absorción de minerales como la lixiviación.

Los resultados obtenidos para Na y K son un buen indicador de lo sucedido. Los tentáculos crudos tenían niveles más bajos de Na y más altos de K que la solución de maceración. La mayor superficie de contacto de los tentáculos de gran tamaño parece haber favorecido el intercambio mineral entre el producto y la solución de maceración,

umentando y disminuyendo, respectivamente, las concentraciones de Na y K en el potón. Por lo tanto, otros minerales presentes podrían haber seguido un patrón de difusividad similar.

Por la misma razón, el caldo de cocinado también puede intercambiar minerales con el potón macerado. Sin embargo, el aumento general observado en el contenido de minerales después del cocinado parece reflejar la deshidratación del producto. La pérdida de jugo y la posterior concentración de minerales están inversamente relacionadas con el tamaño de los peces y mariscos (Kalogeropoulos et al., 2012). En nuestro estudio, los tentáculos de potón se cocinaron en un caldo que contenía especias, sales de sodio y otros ingredientes, y el tiempo de cocinado se ajustó al tamaño del tentáculo para estandarizar la pérdida de jugo y evitar un cocinado excesivo. Como se ve, el producto cocinado mostró una buena retención de jugo (alrededor de 75g/100g de humedad) en las muestras de cualquier origen.

Las pérdidas por cocinado reportadas para cefalópodos en otros estudios son aún mayores. Por ejemplo, Kalogeropoulos et al. (2012) encontraron contenidos de humedad (g/100g) de 81,4 (crudo), 44,0 (sartén) y 63,9 (asado), Czech & Stachyra (2013) encontraron valores de 87,1 (crudo) y 12,5 (sartén), mientras que, en otro estudio, Galitsopoulou et al. (2013) observaron valores de 83,4 (crudo), 73,1 (a la parrilla) y 72,6 (enlatado) en calamar entero de California (*Loligo opalescens*). Por tanto, tanto el tratamiento de maceración como el tiempo de cocinado deben ajustarse, sobre todo teniendo en cuenta que, por ejemplo, el tentáculo de calamar gigante puede perder alrededor del 70% de su peso crudo cuando se cocina en bolsas de polipropileno a 100 °C durante 10 min (Torres-Arreola et al., 2017).

Otros estudios coinciden en que las pérdidas por cocinado pueden conducir a una concentración de minerales en los productos de calamar. Kalogeropoulos et al., (2012) también encontraron niveles aumentados (en comparación con la materia prima) de metales traza (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb y Zn) en carne de calamar cocinada, en la que los valores alcanzaron (mg/kg) 18 (Zn), 16 (Fe), 7,1 (Cu), 0,77 (Cd), 0,18 (Hg), 0,13 (Cr), 0,08 (Ni) y 0,04 (Pb). Czech & Stachyra (2013) encontraron resultados similares en calamares fritos para macro (Na, Ca y Mg) y microminerales (Cu, Fe y Zn).

En el estudio anterior, el aceite de girasol y la harina de trigo también proporcionaron minerales al producto final. Por el contrario, otros estudios indicaron que el proceso de cocinado tiene un valor muy limitado como medio para reducir las concentraciones de metales. Cualquier reducción hipotética dependería de las condiciones de cocinado (tiempo, temperatura y medio de cocinado) (Perelló et al., 2008). Además, se sabe que los procedimientos de cocinado pueden, en ciertas condiciones, cambiar la cantidad de contaminantes químicos en los alimentos (Bayen et al., 2005). Por ejemplo, se observó que el pescado al horno y al microondas presenta mayores concentraciones de Na, K, Ca, Mg y Zn que el pescado a la parrilla y frito, debido a sus diferencias en la pérdida de jugo (Ersoy & Özeren, 2009). Nuestros resultados confirmaron que los factores que contribuyeron a aumentar la concentración de minerales del tentáculo de calamar cocinado (absorción de minerales y pérdida de jugo) predominaron sobre la lixiviación de minerales que ocurre durante la descongelación, maceración y cocción.

---

Las implicaciones nutricionales del consumo de mariscos son importantes, en particular cualquier conocimiento sobre la ingesta dietética de metales pesados tóxicos (Storelli et al., 2012). El requerimiento dietético de un micronutriente se define como un nivel de ingesta que cumple con los criterios específicos relacionados con la adecuación, minimizando así el riesgo de déficit o exceso de nutrientes (Guía dietética recomendada, 2006).

Los índices nutricionales, como RDA, TI y UL, se utilizan para estimar las DRI de los minerales, aunque el cálculo basado en el contenido total de minerales no considera otros posibles factores que afectan su bioaccesibilidad (p. ej., desnaturalización y desmetilación de metaloproteínas musculares) (Ouédraogo & Amyot, 2011). Como era de esperar, el consumo promedio de los tentáculos de calamar cocinados, un producto tratado con sales de sodio, cubrió un porcentaje relevante de la IRD para Na y Mg, así como para Se, Cu, Cr y Zn.

En contraste, la contribución de otros minerales estuvo muy por debajo de sus UL. Jiao et al. (2018) identificaron la acumulación de As como un peligro principal para la salud humana asociado con el consumo de calamar. Nuestro estudio no confirmó esta opinión, ya que la concentración de As en los tentáculos de calamar cocinados estaba por debajo de los límites máximos (1,0 mg/kg) permitidos para pescados y mariscos en países como Australia, Brasil o Sudáfrica (1,0-3,5 mg/kg) (Gladioux & Swail, 1998). Asimismo, los niveles de acumulación (mg/kg) encontrados para metales pesados tóxicos estuvieron muy por debajo de los UL establecidos para Hg (0,5), Cd (1,0) y Pb (0,3) (Comisión Europea, 2006).

Como consecuencia, los ITE estimados y sus correspondientes PTWI para el consumo de calamar cocido estuvieron muy por debajo de las recomendaciones establecidas por las organizaciones sanitarias para Hg, Cd y Pb (EFSA, 2011). En consecuencia, los valores del TQH, la relación entre la dosis estimada de un contaminante y la dosis de referencia por debajo de la cual no existirá ningún riesgo apreciable, se acercaron a 1, que es el límite exigido para el riesgo de exposición a estos metales contaminantes. a través del consumo de calamar para ser considerado relevante (Storelli et al., 2008).

Otros estudios sobre mariscos y productos pesqueros informaron EWI, PTWI y TQH ligeramente más altos para metales tóxicos (Pastorelli et al., 2012). En carne de calamar cocida, Kalogeropoulos et al. (2012) estimaron EWI en 0,21-0,23 (Hg), 0,03-0,05 (Pb), 0,56-0,88 (Cd) y TQH de 0,06-0,12 (Hg), 0,08-0,12 (Cd) y 0,001-0,002 (Pb). Nuestros datos confirmaron que los tentáculos de calamar gigante cocidos, en cuanto a metales contaminantes, se pueden consumir con un amplio margen de seguridad.

## **Conclusión**

La carne de potón contiene cantidades relevantes de varios macro y microminerales esenciales. Su contenido mineral es bastante homogéneo pese a provenir de pesquerías del Pacífico muy distantes entre sí. Sus bajos niveles de metales tóxicos sugieren que estas pesquerías no están muy polucionadas, al menos por el momento. El origen da lugar a grandes diferencias en el tamaño de los tentáculos de potón, ello modula la retención de jugos y minerales, lo que puede afectar al contenido final de algunos minerales. De acuerdo con las DRI y el riesgo toxicológico calculados para minerales, este producto puede consumirse sin aparentes implicaciones nutricionales negativas.

---

## 6.5 Adecuación del medio de maceración a la técnica de inyección

### Introducción

Tras obtener buenos resultados con la técnica de maceración por inyección, se decidió llevar a cabo un ensayo para comprobar qué aditivo sería el adecuado para el tentáculo de potón cocinado. Como se comentó en un ensayo anterior, el potón es un producto duro y correoso que puede presentar olor y sabor ácido/amoniaco si no se trata con el medio acertado. La elección de la fórmula más adecuada se basó en el rendimiento (mermas de peso en el cocinado) y las propiedades sensoriales (olor, sabor y dureza) del producto final.

Conociendo el funcionamiento de la inyectora y cómo proceder durante la etapa de maceración con el tentáculo de potón (ver ensayo nº 2), solo quedaba decidir cuál sería el aditivo más adecuado. El producto se dejaba reposar tras la inyección durante una hora, donde se terminaba la maceración en el mismo exudado que liberaba.

### Objetivo

Introducir nuevos aditivos para la etapa de maceración capaces de mejorar el rendimiento y la calidad sensorial del tentáculo de potón cocinado.

### Experimental

Se probaron 3 aditivos comerciales facilitados por diferentes proveedores (**tabla 28**) con composiciones diferentes.

**Tabla 28.** Composición y función tecnológica indicada en la ficha técnica de los tres medios de maceración ensayados.

	Componentes	Función tecnológica	Nº E	Límite legal
<b>Aditivo 1</b>	Carbonato sódico	Regulador de acidez	E-500	<i>Quantum satis</i>
	Pirofosfato ácido de sodio	Estabilizante	E-450	5000 ppm
	Tripolifosfato sódico	Estabilizante	E-451	5000 ppm
<b>Aditivo 2</b>	Carbonato potásico	Regulador de acidez	E-501	<i>Quantum satis</i>
	Ácido cítrico	Antioxidante	E-330	<i>Quantum satis</i>
	Cloruro sódico	Potenciador del sabor	Sal	<i>Quantum satis</i>
<b>Aditivo 3</b>	Carbonato sódico	Regulador de acidez	E-500	<i>Quantum satis</i>
	Gluconato sódico	Estabilizante	E-576	<i>Quantum satis</i>
	Citrato sódico	Estabilizante	E-331	<i>Quantum satis</i>

El aditivo nº 1 era un preparado en polvo a base de fosfatos y carbonatos de sodio. Este aditivo se disolvía con facilidad en el agua al preparar el medio de maceración y no obstruía las agujas. El inconveniente de esta mezcla era que contenía fosfatos, los cuales tienen un límite legal de 5000 ppm. Además, algunos clientes no aceptaban su uso.

El aditivo nº 2 era un preparado en polvo compuesto por carbonato potásico, citrato de sodio y cloruro de sodio. Era una variante del aditivo de maceración utilizado que fue adaptada para la inyección. Los carbonatos funcionaban perfectamente en la maceración por inmersión durante 48 h, pero se tenía que comprobar si ese buen resultado se reproducía con la inyección. Este aditivo no contenía fosfatos, por lo que se ajustaba las demandas de algunos clientes. El problema es que este aditivo presentaba cierta dificultad a la hora de disolverse para preparar el medio de maceración, ya que quedaban algunos gránulos gruesos sin disolver.

El aditivo nº 3 era un preparado en polvo compuesto por carbonato, citrato y gluconato de sodio. Uno de nuestros proveedores se ofreció a desarrollar un producto que se ajustase a nuestras necesidades sabiendo que podría ser una oportunidad para desarrollar una nueva fórmula. La mezcla se diluía con más facilidad y así las agujas no se obstruían con tanta frecuencia ocasionando paradas en la producción.

La determinación de la calidad sensorial consistió en evaluar olor, sabor y dureza en el tentáculo de potón cocinado. El panel sensorial estuvo compuesto por los mismos miembros de la empresa que en el ensayo precedente. La evaluación se realizó inmediatamente después de retirar el producto de la cámara de refrigeración en la que se almacenaba durante 24 h para su descongelación.

## Resultados

En primer lugar, se determinó el rendimiento o mermas totales de peso por cocinado. Se comprobó que empleando diferentes aditivos de maceración no se producían cambios estadísticamente significativos en los valores de mermas de peso en el producto inyectado y cocinado durante 50 min. Como puede verse en la **tabla 29**, las mermas promedio presentaron cifras muy similares. El incremento (1%) en el rendimiento conseguido con el aditivo 1 no fue relevante. Por tanto, cualquiera de los 3 aditivos empleados resultó adecuado en cuanto a pérdidas de jugo por cocinado y se procedió a realizar una evaluación sensorial.

**Tabla 29.** Efecto del tipo de aditivo de maceración por inyección sobre las pérdidas de peso del tentáculo de potón tras el cocinado (50 min a 98°C).

		Tiempo de cocinado 50 min	
		M	ESM
<b>Mermas</b>	Aditivo 1	50.3	
	Aditivo 2	51.2	0.65
	Aditivo 3	51.1	

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>x-z</sup> Efecto del tiempo de cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra por tratamiento:  $n=30$ .

En segundo lugar, se determinaron las propiedades sensoriales. La **tabla 30** muestra los datos de dureza, olor y sabor obtenidos en el tentáculo de potón cocinado durante 50 min. Los nuevos aditivos propuestos ofrecían algunas diferencias sensoriales, por lo que se pudo elegir un producto con mayor aceptación.

La puntuación de dureza, un importante atributo relacionado con los efectos deseables de la maceración (ablandamiento), fue mayor en el producto tratado con el aditivo nº 3 en comparación al resto, lo que puede implicar una mayor jugosidad y ternura. Por su parte, el aditivo nº 3 también mejoró el olor del producto con respecto al aditivo nº 1, pero no con respecto al aditivo nº 2, que presentó un valor intermedio, mientras que la puntuación de sabor fue similar en el potón macerado con los tres aditivos.

**Tabla 30.** Efecto del tratamiento de maceración sobre las puntuaciones de olor, sabor y dureza del tentáculo de potón.

		Tiempo de cocinado 50 min	
		M	ESM
<b>Dureza</b>	Aditivo 1	12.0	b
	Aditivo 2	12.8	b
	Aditivo 3	14.5	a
<b>Olor</b>	Aditivo 1	11.3	b
	Aditivo 2	12.3	ab
	Aditivo 3	13.2	a
<b>Sabor</b>	Aditivo 1	12.2	a
	Aditivo 2	12.2	a
	Aditivo 3	13.4	a

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-c</sup> Efecto del tiempo de cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Por tanto, el aditivo con fosfatos proporcionó un producto final algo más tierno, mientras que el aditivo con gluconato y citrato proporcionó un olor más aceptable. Los resultados salieron según lo esperado atendiendo al posible efecto tamponador y antioxidante de los fosfatos. Todo parece indicar que este aditivo es el que mejor actúa y con mayor rapidez rompiendo e hidratando fibras musculares.

## Discusión

Se ha visto que el mal sabor del músculo de pota puede ser reducido por inmersión en agua (Arenas-Llerena, 2014), aunque es poco aconsejable, pues una parte de la proteína miofibrilar del manto se disuelve disminuyendo el rendimiento (Maza et al., 2003). Este autor logró eliminar el sabor amargo-ácido en el calamar gigante mediante la aplicación de un tratamiento de lixiviación ácida y prensado, utilizando ácido cítrico 0,026 M y cloruro de sodio 0,34 M y una etapa de neutralización con bicarbonato de sodio 0,024 M.

Se han publicado algunos ensayos realizados con este tipo de medios de maceración. Murguía (2015) utilizó un aditivo comercial compuesto por citrato sódico que resultó eficaz para mejorar la calidad sensorial de los tentáculos de potón. El aumento del pH alcanzado en muestras tratadas indica que, además de su posible efecto tamponador, hubo probablemente cierta acumulación de compuestos alcalinos.

Hurtado (2014) indicaron que el pretratamiento de los recortes de pota mediante lavados con ácido cítrico 0,05 M y su posterior neutralización influye positivamente en el sabor, la textura y el color de la pota cocinada durante 10 min.

Purizaca-García (2012) defendió que una mezcla de fosfato y carbonato sódico es el mejor producto químico para disminuir la acidez en filetes de calamar gigante. Las muestras tratadas con esta mezcla de aditivos no presentaron olor amoniacal, acidez y flacidez en todas las concentraciones probadas.

Cayo (2011) aplicó un tratamiento de precocción en salmuera para mejorar la textura, inactivar enzimas y, sobre todo, para reducir el sabor amargo de la pota cocinada en conserva.

Maza et al. (2007) prepararon soluciones ácidas y neutralizantes para reducir la intensidad del sabor ácido-amargo del calamar gigante. La caracterización del músculo confirmó la relación positiva existente entre los contenidos en humedad, nitrógeno amoniacal y bases volátiles nitrogenadas con el tamaño y peso de la pota. En este estudio, el lavado del músculo (bajo la forma de anillas) con soluciones de ácido cítrico / bicarbonato de sodio y tampón citrato / tampón fosfato consiguió eliminar una gran proporción de compuestos amoniacales y el mal sabor antes mencionado. Los tratamientos de lavado con productos comerciales para la remoción del olor/sabor y solo con agua, respectivamente, mostraron menor eficiencia y limitaciones al producirse una reabsorción de los compuestos amoniacales después de la remoción inicial.

El gluconato de sodio es un sólido cristalino blanco y casi inodoro que es fácilmente soluble en agua (59 g por cada 100 ml a 25° C). En cambio, la solubilidad en agua del carbonato de sodio es de tan solo 30,7 g por cada 100 g de agua (25 °C) y hay más

---

probabilidad de que el sistema de inyección se obture. La solubilidad en agua del carbonato de potasio sodio es mayor (112 g por cada 100 ml a 20 °C) aunque el potasio puede aportar sabores amargos al producto.

Se propuso elegir el aditivo más adecuado teniendo en cuenta la opinión de clientes más importantes, precio de los aditivos, la composición y declaraciones en la etiqueta. Tras conocer los resultados de este ensayo, la empresa optó inicialmente por utilizar aditivos de maceración con fosfatos. El problema fue que algunos clientes europeos prefieren un etiquetado libre de este componente.

### **Conclusión**

El uso de fosfato sódico resulta adecuado para mejorar los resultados de la técnica de maceración por inyección aplicada al potón. No obstante, es posible usar otros aditivos como carbonatos y gluconatos cuando el cliente no quiere incorporar fosfatos. Sería conveniente realizar un estudio de vida útil del producto final para comprobar que su conservación se mantiene durante 24 meses.

## 6.6. Ajustes del tratamiento de cocinado para optimizar la textura

### Introducción

Una vez que se decidió usar el aditivo con fosfatos para macerar el tentáculo de potón por inyección, se tuvo que volver a validar el tiempo y temperatura de cocinado. En ensayos anteriores se pudo comprobar que el tiempo de cocinado adecuado para conseguir unas características sensoriales aceptables era de 50 min a 98°C.

### Objetivo

El objetivo fue comprobar que estos parámetros de cocinado eran correctos para el nuevo producto inyectado. Para ello, se estudiaron temperaturas/tiempos de cocinado en el rango de 90-98°C/40-55 min.

### Experimental

Se realizaron pruebas en las que se modificaron las variables tiempo y temperatura en el túnel de cocinado. Los parámetros fueron introducidos manualmente en el programa de cocinado y se hizo un seguimiento del potón durante todo el recorrido. La tabla 31 recoge los tiempos y temperaturas propuestos para el ensayo. Se decidió partir de datos que ya aseguraban un buen resultado sensorial basado en la experiencia del personal y en ensayos anteriores.

El estudio se focalizó en la textura, un atributo sensorial muy relacionado por las condiciones de cocinado. No se contempló que los ajustes propuestos pudieran afectar al olor y el sabor del producto. Las muestras de este ensayo fueron evaluadas por los mismos miembros del panel sensorial de ensayos anteriores. La evaluación se realizó inmediatamente después de tomar las muestras que se almacenaban en la cámara de refrigeración tras el cocinado.

Tabla 31. Datos para el binomio tiempo (min) y temperatura (° C) empleados en el ensayo.

		Temperatura (° C)			
		90	92	96	98
Tiempo (min)	40	40*90	40*92	40*96	40*98
	45	45*90	45*92	45*96	45*98
	50	50*90	50*92	50*96	50*98
	55	55*90	55*92	55*96	55*98

## Resultados

La **tabla 32** recoge el efecto del tiempo y la temperatura de cocinado sobre la puntuación de dureza del tentáculo de potón cocinado. La temperatura de cocinado en el rango estudiado no afectó a la valoración de la dureza del producto ( $p > 0,05$ ). Por el contrario, los valores de dureza mejoraron a tiempos de cocinado 50 y 55 min en comparación con los obtenidos a tiempos de 40 y 45 min. Tanto el tiempo de 50 min, como el de 55 min, proporcionaron similares valores de dureza, y, por tanto, ambos tiempos pueden ser utilizados en el túnel con idénticos resultados.

Teniendo en cuenta datos anteriores de rendimiento y mermas, se decidió emplear el menor tiempo de cocinado posible (50 min), ya que ofrecía un mejor rendimiento y una mejora en la calidad sensorial. Los resultados obtenidos revelan la importancia del tiempo de cocinado para conseguir una buena gelificación y ablandamiento del producto.

**Tabla 32.** Efecto de la temperatura y del tiempo de cocinado sobre la evaluación sensorial de dureza del tentáculo de potón cocinado.

	Tiempo de cocinado (min)								Total	ESM	
	40		45		50		55				
	M	M	M	M	M	M	M	M			
Temperatura (° C)	92	7.5	b	8.4	b	13.6	a	14.6	a	<b>11.0</b>	0.6
	94	8.9	b	8.4	b	13.8	a	14.2	a	<b>11.3</b>	0.7
	96	9.1	b	7.7	b	14.3	a	14.0	a	<b>11.2</b>	0.6
	98	9.0	b	9.4	b	13.7	a	14.6	a	<b>11.6</b>	0.7
	<b>Total</b>	<b>8.6</b>		<b>8.5</b>		<b>13.8</b>		<b>14.3</b>			
ESM	0.7		0.7		0.6		0.6				

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-c</sup> Efecto del tiempo cocinado (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel.

## Discusión

El cocinado es un proceso térmico que se utiliza para convertir el músculo del calamar en carne comestible. También aumenta la seguridad y vida útil al inhibir microorganismos y enzimas. Cocinar con calor desnaturaliza y gelifica las proteínas de los alimentos (Meade et al., 2005). Los cambios fisicoquímicos y estructurales de las proteínas incluyen el desdoblamiento, la desnaturalización y la hidrólisis. En conjunto, los cambios físicos, estructurales, sensoriales y nutricionales están estrechamente relacionados con la calidad de la carne de calamar (Carmody et al., 2011).

La temperatura y el tiempo de cocinado juegan un papel importante en las características de la carne y el pescado cocinados. El estado de las proteínas miofibrilares (actina y miosina) y conectivas (colágeno y elastina) van a determinar en gran medida la terneza y masticabilidad del tejido muscular. Durante el calentamiento, estas proteínas se desnaturalizan, lo que provoca la destrucción de las membranas celulares, el encogimiento de las fibras, la agregación y gelificación de proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas, y el encogimiento y solubilización del tejido conectivo (Yu et al., 2017).

La peculiar organización de la red de tejido conectivo del calamar y sus cambios inducidos por el calentamiento están implicados en el ablandamiento de la carne, el cual se debe a que la descomposición del colágeno y/o la gelatinización facilitan el colapso y desprendimiento de las fibras musculares, lo que promueve la pérdida de proteína soluble en el agua liberada (Torres-Arreola et al., 2017). A su vez, la cocción altera componentes musculares, como el agua, las fibras musculares, los tejidos conjuntivo y adiposo, que varían según las características de la muestra y los tratamientos (Agrafioti & Katsanidis., 2012).

Se ha estudiado la influencia de las condiciones de cocinado (temperaturas y tiempos) sobre las propiedades estructurales y fisicoquímicas del músculo de varias especies de calamar con el fin de para obtener sus condiciones óptimas de procesamiento (Agrafioti & Katsanidis, 2012).

Torres-Arreola et al., (2017) evaluaron los cambios en la capacidad de retención de agua, la solubilidad de la proteína, la firmeza, la microestructura de las fibrillas y el color del músculo de *Dosidicus gigas* (manto, aletas y tentáculos) durante la cocción (30 min a 100 °C). A lo largo del cocinado se exhibieron diferentes comportamientos de contracción y pérdida de peso entre las tres regiones anatómicas. Después del cocinado, la proteína soluble del músculo de las aletas y los tentáculos se mantuvo similar, mientras que la del músculo del manto disminuyó un 75 %. El orden de magnitud de la fuerza de corte registrado en el músculo fresco fue aletas>tentáculos>manto, mientras que al final del cocinado el músculo del manto requirió la fuerza de corte más baja. El análisis microscópico reveló una mayor cantidad de fibras de colágeno en las aletas y los músculos del tentáculo, lo que sugiere su posible relación con su dureza, tanto en fresco, como en cocinado.

Por su parte, cocinar demasiado la carne de calamar puede dar lugar a una textura dura y correosa (Lin et al., 2012). Atendiendo a algunos datos recopilados sobre la composición de la carne de calamar, la degradación de las estructuras del manto y la disminución de la tenacidad por el cocinado (Valencia-Pérez et al., 2008), es posible afirmar que el calentamiento a una temperatura de 60-80°C podría ser, por un lado, suficiente para ablandar y, por otro, lo suficientemente suave para retener la jugosidad de este producto. Tales temperaturas ya se aplican ampliamente en la cocción de alimentos con músculos tiernos e incluso se deben usar condiciones más suaves para evitar una dureza severa (Bykowski & Kelodziejewski, 1985). En contraposición a esto, Kolodziejewska et al. (1987) encontraron que muchas muestras de calamar cocinado a 80°C y 90°C fueron descritas por el panel sensorial como “crudas” y su jugosidad no fue superior a la del manto cocido a 100 °C. Por tanto, resulta necesario garantizar que el tiempo de cocinado es suficiente para completar la cocción del producto.

---

A efectos prácticos, la temperatura y el tiempo de exposición al calor van a ser claves para obtener una textura adecuada en el potón cocinado. Se ha visto que el colágeno del pescado y marisco se desnaturaliza y gelifica completamente a temperaturas de pasteurización (Katsanidis, 2004). Por tanto, no es necesario alcanzar temperaturas de 100 ° C. Un cambio en la temperatura de cocinado en el rango de 90-98 ° C no parece relevante para la textura del potón cocinado. En cambio, el tiempo de cocinado afecta a estas temperaturas. Como se ha visto, la mejora en la textura (terneza) del tentáculo de potón ocurre entre 45 y min 50 min en las condiciones ensayadas. El calamar rico en tejido conjuntivo comparado con muchos peces (Razcon-Zavala & Tapia-Vásquez, 2015) y quizás por ello necesita tanto tiempo para cocinarse completamente. Las fibras musculares y de tejido conectivo de calamar son más fuertes que las de músculo de pescado y su disposición es también muy diferente (Ramírez-Olivas et al., 2004). El colágeno es el más abundante y está constituido por diversas fracciones. Existe también, una estrecha relación entre la firmeza del músculo y el comportamiento del colágeno en organismos marinos (Torres-Arreola et al., 2008).

Cocinar en ambiente húmedo facilita la transmisión de calor, reduciendo el tiempo de residencia en el túnel a menos de una hora, aunque no permite marcar superficialmente el producto. El tamaño del tentáculo es otro factor a tener en cuenta, ya que la transmisión de calor a través del músculo es menos efectiva que en el agua, y, por tanto, el tiempo del cocinado debe ajustarse al calibre del tentáculo. Otro aspecto importante es el rendimiento. Existe una relación proporcional entre el aumento del tiempo de cocinado y el aumento de la pérdida de jugos, por lo que es necesario ajustar el tiempo de cocinado para que el proceso productivo sea lo más eficiente posible.

### **Conclusión**

Los tentáculos de potón deben cocinarse durante el tiempo exclusivamente necesario para conseguir una gelificación y ablandamiento suficiente en su interior. Incrementar el tiempo de cocinado incrementa las pérdidas de jugos, afectando negativamente al rendimiento. Debe aplicarse el mejor ajuste posible entre el tamaño de los tentáculos y la duración del tratamiento térmico para intentar estandarizar el producto.

## 6.7. Reposición del caldo de cocinado para evitar desviaciones de color

### Introducción

Durante el cocinado del tentáculo de potón se detectó que, con el tiempo, se producía un cambio de color en la piel una vez cocinado y en el caldo de utilizado. El caldo permanecía en el túnel de cocinado durante toda la jornada laboral, que en este caso era de 8 horas. Se sucedía un aporte continuo de agua para que el volumen fuera siempre constante, pero a la vez, la carga de materia orgánica y de solutos iba acumulándose en este medio conforme pasaban las horas.

En esta etapa ocurren varios cambios fisicoquímicos en la carne del producto, entre los que se encuentran, además los cambios de textura, analizados en ensayos anteriores, cambios en la coloración. Este cambio de color puede deberse a la reacción de Maillard, la oxidación o concentración de pigmentos solubles en agua caliente, o la desnaturalización de la mioglobina, que, en cualquier caso, es un indicador de oscurecimiento del producto.

### Objetivo

El objetivo fue determinar si se producían diferencias de color en la piel del tentáculo de potón cocinado durante este periodo de tiempo sin aplicar una renovación del agua empleada.

### Experimental

Se evaluaron los cambios de coloración de la piel del tentáculo durante el cocinado a lo largo de 8 horas, tiempo de duración de una jornada de trabajo. Para obtener la cinética de cambio de color se realizaron tandas de ensayos de cocinado a diferentes tiempos, manteniendo la temperatura homogénea y estable durante el cocinado.

El color se midió en la superficie externa de tentáculo de potón a lo largo de su parte dorsal. Los datos se registraron como coordenadas CIELab: L\* (luminosidad, negro = 0, blanco = 100), a\* (rojez > 0, verdor < 0) y b\* (amarillez, b\* > 0, azul < 0), así como valores relacionados. Las muestras se tomaron inmediatamente después del cocinado hasta conseguir todas las necesarias para el ensayo. Los valores de color se leyeron tres veces en cada muestra y se calculó el promedio.

### Resultados

La **tabla 33** muestra las propiedades colorimétricas evaluadas en las muestras de tentáculo de potón cocinado cada hora. Se estimó que la concentración de sólidos del caldo aumentaba con el tiempo de cocinado, adquiriendo una tonalidad cada vez más oscura capaz de tinter el producto.

La reutilización del caldo de cocinado afectó al color superficial de las muestras evaluadas. Tras la primera hora, se produjeron unos resultados más reproducibles, sobre

todo en lo que se refiere a los valores cromáticos. La tendencia general fue que el producto se oscurecía (mayor L\*) conforme aumentaba el tiempo de residencia del caldo, mientras que la tendencia de los valores de a\* y b\* fue menos clara. El parámetro que mejor discriminó el tiempo de permanencia del caldo fue el valor de L\*. Su valor disminuyó a partir de las 4 horas, y, por tanto, se produjo un claro oscurecimiento del producto. El valor más alto de luminosidad se observó en los tentáculos cocinados en la 1 hora, mientras que la luminosidad más baja se detectó en los tentáculos analizados con el caldo de cocinado de 8 horas. A partir de este momento, los cambios en el valor de las coordenadas a\* y b\* fueron menos claros, lo que sugiere que el producto mantuvo un color similar, aunque con una tonalidad más oscura. Los valores de enrojecimiento de los tentáculos fueron más altos de 5 a 8 h, mientras que los valores para el amarillo tuvieron su pico más alto en la sexta hora, pero fueron similares desde la cuarta a la octava hora.

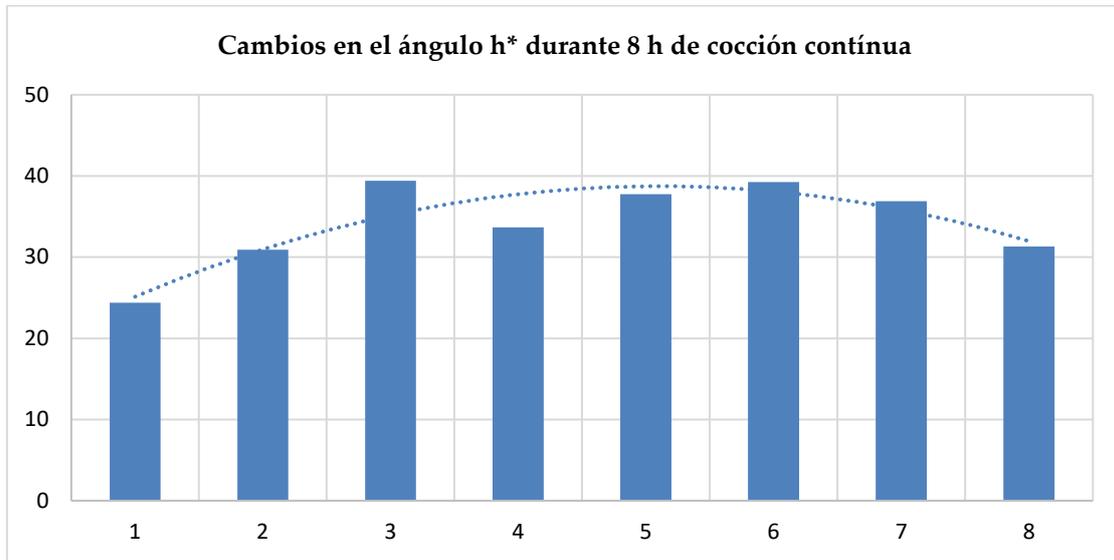
Al calcular la tonalidad mediante el ángulo h\*, se comprobó que el producto alcanzó su máximo pardeamiento a las 3 h y después el ángulo h\* se estabilizó durante el resto del tiempo. Los datos pueden verse en la **figura 72**. Los valores AE\* confirmaron que los mayores cambios cromáticos se produjeron entre la 2 y 3 hora de cocinado (**figura 73**).

**Tabla 33.** Cambios de color en tentáculo de poton durante 8 h de cocinado en continuo sin reposición del caldo en el túnel.

	Color CIELab			
	L*	a*	b*	
	M	M	M	
Tiempo de cocinado (h)	1	70,5	17,0	7,7
		a	c	e
	2	70,0	18,2	10,9
		a	c	e
	3	65,7	25,8	21,2
		a	b	cd
	4	59,7	35,0	23,3
		b	a	bcd
	5	56,7	37,3	28,9
	b	a	ab	
6	55,3	37,2	30,4	
	bc	a	a	
7	53,7	37,7	28,3	
	c	a	abc	
8	52,2	35,7	21,7	
	c	a	bcd	
Promedio	60,5	30,5	22,8	
ESM	1,66	2,34	2,33	

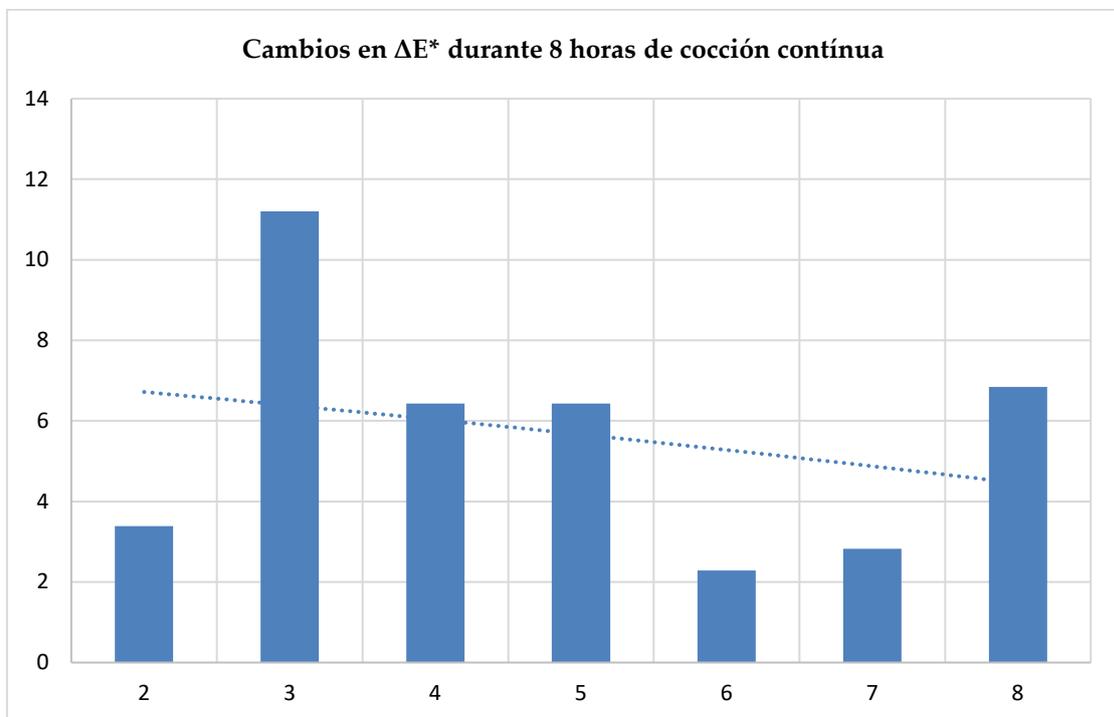
<sup>a-e</sup> Efecto del tiempo de cocinado; (Test de Tukey; p<0,05).

**Figura 72.** Cambios cromáticos (pardeamiento por incremento de  $h^*$ ) de la piel del tentáculo de poton por la reutilización del caldo de cocinado.



$$h^* = \text{tg}^{-1} b^*/a^*.$$

**Figura 73.** Cambios totales el color de la piel del tentáculo de poton por la reutilización del caldo de cocinado.



$$\Delta E^* = [(L^*h_2 - L^*h_1)^2 + (a^*h_2 - a^*h_1)^2 + (b^*h_2 - b^*h_1)^2]^{1/2}.$$

---

Los resultados obtenidos demostraron que los tentáculos cocinados a lo largo de la jornada de trabajo adquirirían una coloración de piel más oscura en las sucesivas rondas de cocinado, diferenciándose del color de los tentáculos obtenidos durante las dos primeras horas de cocinado.

## **Discusión**

Los alimentos experimentan una serie de cambios durante su cocinado, que afectan entre otros parámetros a su color. Un análisis visual del color permite por sí mismo identificar los cambios de color de forma cualitativa; sin embargo, la cuantificación del color mediante el estudio de las coordenadas en el espacio CIELab, un estándar internacional para la medida de color de uso ampliamente extendido en ciencia y tecnología alimentaria (Yam & Zhu, 2004), permite obtener datos para la construcción de modelos cinéticos y su uso posterior para predecir los cambios de color provocados por los procesos de pardeamiento no oxidativo durante el procesado culinario de alimentos (Purlis & Salvadori, 2007).

El potón se cocina a temperatura moderada en ambiente húmedo, por lo que es poco probable que puedan formarse pigmentos de la reacción de Maillard, que requieren de temperaturas más altas y calor seco. El calor puede desnaturalizar las proteínas, esto significa que su estructura compleja se altera, lo que puede producir cambios de color y otras propiedades. Además, durante el cocinado también tienen lugar otros cambios fisicoquímicos en el alimento, como la pérdida de agua que también pueden afectar al color (Toyes-Vargas et al., 2016).

Durante el cocinado, el calentamiento produce una desnaturalización y/o solubilización en el caldo de los pigmentos de la piel del calamar, denominados omocromos, responsables del color en los cefalópodos. La xantomatina es el principal omocromo identificado presente en la piel del calamar, la sepia, el pulpo y otros invertebrados. La xantomatina (pigmentos amarillentos) es el omocromo más simple y más común y está formado por la condensación de dos residuos de hidroxiquinurena en la vía de la quinurena de metabolismo del triptófano (Williams et al., 2016). Los cromatóforos son metabolitos aromáticos policíclicos del triptófano que se componen de derivados de fenoxazona (Williams et al., 2016). Se sintetizan principalmente en la piel (Shamim et al., 2014). Los cromatóforos como la melanina (pigmentos marrón-negro y púrpura) también están presentes en gran medida en la piel y la tinta de los cefalópodos, como las especies de pulpos y calamares (Guo et al., 2014).

La coagulación del músculo por efecto del calor hace que se vuelva más opaco y que aumente su reflectancia. Se ha visto que el proceso de cocción produce algunos cambios de color en el músculo de las aletas, tentáculos y manto del calamar gigante. El incremento de  $L^*$  inducido por la cocción solo se observó en el músculo del manto, mientras que los valores de  $a^*$  y  $b^*$  no difirieron mucho entre el estado fresco y cocido, tanto de la aleta, como del tentáculo (Dihort-García et al., 2011). Erdem et al., (2022) estudiaron las propiedades, entre ellas el color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) de sepia, pulpo y calamar crudos y cocidos al vacío, comprobando que sus valores aumentaban con la cocción. No se ha podido recabar información sobre como el color del calamar puede estar afectado por la frecuencia de reposición del caldo en una línea industrial continua.

## **Conclusión**

Por razones que no han podido ser determinadas, durante el cocinado, el potón libera pigmentos de la piel que permanecen en el caldo de cocinado y acaban oscureciendo el producto en las sucesivas tandas. Por tanto, conviene que el caldo se renueve cada 3-4 horas para evitar diferencias de color entre los distintos lotes de fabricación.

---

## 6.8. Empleo de preparados culinarios a base de especias y glutamato monosódico

### Introducción

El poton se venía cocinando con una receta que contenía especias que aportaban al producto un sabor y unas características que lo diferenciaban de otras marcas del mercado. Durante la etapa de maceración se consigue reducir o rebajar los sabores ácidos y amoniacales típicos del poton, pero es durante la etapa de cocinado cuando se puede aportar un extra de sabor. La idea de mejorar la receta de las especias utilizadas para el cocinado surgió por las aportaciones de miembros del equipo comercial donde exponían la necesidad de diferenciar el producto el mercado actual, ya que hay numerosas empresas emergentes compitiendo por la venta de esta referencia.

### Objetivo

El objetivo de este ensayo fue utilizar mezclas de especias con potenciadores del sabor como el glutamato monosódico (GMS) para comprobar si era posible obtener un producto cocinado más atractivo para el panel de catadores y así contemplar la posibilidad de modificar la receta del producto.

### Experimental

El estudio se centró en el olor y el sabor, que son los únicos atributos que se verían afectados por la nueva mezcla de especias. Se emplearon 3 mezclas de especias diferentes suministradas por el proveedor habitual. El proveedor propuso añadir un 2-5% de preparado por litro de caldo de cocinado. Además, también se cocinó tentáculo de potón al que no se le añadieron especias como producto de referencia. Se hizo un seguimiento del potón durante su cocinado para comprobar que no surgían alteraciones en el color o en cualquier otro parámetro a simple vista y se apartaron las muestras una vez que el producto fue cocinado. El tiempo y la temperatura de cocinado fueron las elegidas como las más favorables de ensayos realizados anteriormente.

La evaluación se realizó inmediatamente después de retirar el producto de la cámara de refrigeración, en la que se almacenaba durante 24 h para su descongelación. Las muestras de este ensayo fueron evaluadas por los miembros del panel sensorial entrenado de la empresa. La **tabla 34** muestra la composición de las recetas de especias utilizadas en el ensayo.

**Tabla 34.** Preparados de especias utilizados en el ensayo.

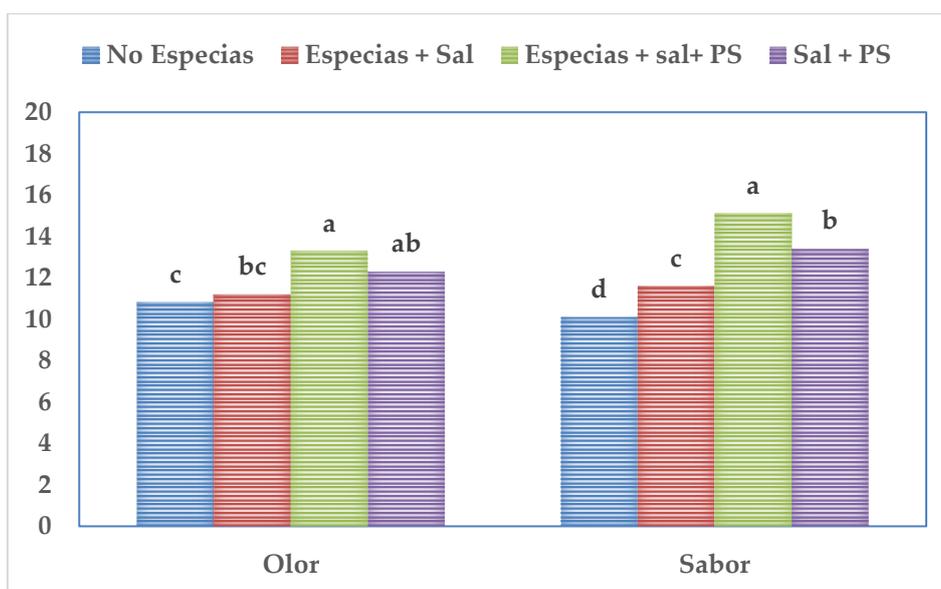
Tratamientos	Receta	Composición
Sin especias	Sin preparado	-----
Sal + especias	M0 (Control)	Sal, Dextrosa, Especias (Ajo, Ajedrea, Laurel molido) y Aromas
Sal + especias + PS	M1	Sal, Azúcares, Especias (Ajo, Ajedrea, Laurel molido), Aromas y Potenciador del sabor E-621 (<10000 ppm).
Sal + PS	M2	Sal y Potenciador del sabor E-621 (<10000 ppm).

PS: potenciador del sabor.

## Resultados

La **figura 74** muestra las puntuaciones de olor y sabor del potón cocinado emitidas por el panel de catadores. El análisis sensorial dejó claro que el uso de preparados culinarios mejora el olor, y, sobre todo, el sabor del producto. El potón cocinado con el preparado M0 (control) obtuvo mejores puntuaciones de sabor, pero no de olor con respecto al producto sin especias. El potón preparado con M2 (sal + PS) mejoró el sabor de los dos anteriores, si bien las diferencias de olor fueron menos claras. Por último, potón cocinado con el preparado M1 fue el que obtuvo la mejor valoración de sabor, y, junto con CEFA10, de olor. Por tanto, usar una mezcla de especias con PS fue positivo para calidad sensorial del potón cocinado, teniéndose en consideración los resultados obtenidos para la posible sustitución de la receta original por la que contiene sal, especias y PS.

**Figura 74.** Efecto de la mezcla de especias sobre la evaluación sensorial de olor y sabor del tentáculo de potón cocinado.



<sup>a-c</sup> Efecto de las especias (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ). PS: Potenciador del sabor

---

## Discusión

El glutamato monosódico es la sal sódica del ácido glutámico que se encuentra de forma natural en numerosos alimentos como los tomates, setas, verduras e incluso la leche materna. No es un aminoácido esencial, pero tiene propiedades culinarias excelentes. Contiene un 78% de ácido glutámico, un 21% de sodio y un 1% de otras sustancias. Se relaciona con el umami (en japonés «delicioso sabor» o «sabor agradable»), el cual provoca secreción salival, no llena y aumenta el hambre. El umami se encuentra de manera natural en ciertos alimentos (Castro-Quevedo, 2020).

El glutamato monosódico fue descubierto por Kikunae Ikeda en 1908 a partir de un caldo japonés elaborado con algas marinas *kombu* (*Laminaria japonica*) y pescado bonito seco. Ikeda descubrió un sabor peculiar, llamado umami, ahora reconocido por la comunidad científica como el quinto sabor básico (Chaudhari, 2001). Después de este descubrimiento, Ikeda verificó que había una sustancia en esa alga que estaba presente en altas concentraciones, el aminoácido ácido glutámico (o glutamato en forma ionizada) y obtuvo la patente para la producción a escala industrial. Sus conocimientos en química le ayudaron a desvelar varios aspectos para la producción de este aminoácido que inició en 1909 junto al empresario Saburosuke Suzuke (Sano, 2009).

El glutamato monosódico ha sido calificado por la FDA de los Estados Unidos de América como un ingrediente Generalmente Reconocido como Seguro – Generally Recognized As Safe (GRAS) desde 1958. Esto posiciona al glutamato monosódico en la misma categoría que la sal, la pimienta y el vinagre, asegurando su inocuidad para el consumo humano. Adicionalmente, el Comité de Expertos en Aditivos Alimentarios de la FAO/OMS otorga al glutamato monosódico la categoría de ADI (alimento con ingesta diaria admisible) no especificado, que indica que no se establece un límite de consumo para el glutamato monosódico ya que no representa riesgo para la salud.

Actualmente, la UE permite el empleo de varios productos de glutamato como aditivos alimentarios: ácido glutámico (E620), glutamato monosódico (E621), glutamato monopotásico (E622), diglutamato cálcico (E624), glutamato monoamónico (E623) y el diglutamato magnésico (E625). Además, existen otros potenciadores del sabor como los isoinatos que se utilizan bastante en la industria alimentaria.

El glutamato monosódico se utiliza ampliamente en la industria de alimentos procesados e industrializados como platos preparados, precocinados o platos congelados (Maluly et al., 2017). Se obtiene una sal purificada por fermentación que se utiliza como aditivo para potenciar el sabor de los alimentos, codificado como E621. La industria alimentaria busca los beneficios tecnológicos de las sustancias umami, principalmente porque, además de conferirles el gusto umami y armonizar el sabor de los alimentos, los hacen más complejos debido al aumento del impacto y continuidad en la papila gustativa (Chaudhari et al., 2010). Estas sustancias poseen excelente estabilidad, incluso cuando son sometidas a altas temperaturas y largos periodos de almacenamiento.

Su acción potenciadora del sabor se debe sobre todo al ácido glutámico, que es un aminoácido que forma parte de muchas proteínas, además, es un neurotransmisor.

Ribonucleótidos como la guanosina 5'-monofosfato y la inosina 5'-monofosfato tienen la habilidad de incrementar la afinidad del sitio receptor del glutamato monosódico, produciendo un efecto sinérgico que permite utilizar menos cantidad de ellos para obtener el mismo efecto potenciador del sabor (Jinap et al., 2010).

Se ha demostrado que mejora el sabor cuando se añade a productos como carnes crudas y snacks y también de manera natural en algunos alimentos como queso parmesano, roquefort, emmental o cheddar, jamón, nueces, guisantes, tomates, setas shiitake, champiñones, carne de vaca o pollo, algas...En forma de aditivo, suele añadirse a diversas comidas procesadas como sopas, caldos, encurtidos, verduras enlatadas, carnes procesadas, productos salados, congelados, además de ser un condimento habitual en la comida china.

Según Mira (1998), son sustancias aromatizantes que también conservan los productos cárnicos. Poseen una acción agradable sobre el olfato y el gusto, promoviendo reflejos útiles para la digestión. Dentro de estas sustancias también están la pimienta, ajo, orégano, cebolla entre otros.

Según Guerra- Massón (2007), una de las razones por la cual el glutamato monosódico se ha hecho tan popular es por su propiedad de armonizar los diferentes sabores que encontramos en nuestros alimentos como ningún otro ingrediente lo ha hecho. El efecto del sabor del glutamato monosódico es diferente al de aquellos cuatro tradicionales: dulce, ácido, salado y amargo.

Lema (2010) evaluó la utilización de diferentes niveles de glutamato monosódico, (0.2, 0.4 y 0.6 %), como potenciador de sabor en la elaboración de salchicha vienesa, frente a un tratamiento control (sin glutamato monosódico) obteniendo resultados que indicaban que no había diferencias estadísticamente significativas. No obstante, se determinó que el uso de GMS influyó en el valor nutritivo.

El consumo excesivo de comida con el aditivo glutamato monosódico ha sido asociado al denominado "síndrome del restaurante chino", que engloba un conjunto de posibles síntomas como entumecimiento de la nuca, dolor de cabeza, sequedad de boca, decaimiento, palpitaciones, pesadez en los tentáculos y molestias en la espalda, enrojecimiento, dolor de cabeza, sudoración y sofocos, ardores en cuello y espalda, entumecimiento o ardor en la boca, presión e hinchazón facial, hormigueo y debilidad en la cara, sienes, nuca, cuello o tentáculos, dolores musculares, náuseas y vómitos. De manera habitual, los síntomas se inician una media hora después de comer y finalizan unas dos horas más tarde. Los síntomas se asemejan bastante a aquellos que padecían las personas con hipernatremia (trastorno que se produce al tener un alto nivel del sodio en sangre) (Pedraza-Maquera et al., 2021).

El uso de glutamato monosódico supone un cambio de la receta que ser bien estudiada, ya que puede hacer que clientes asiduos de esta referencia la rechacen. Otro problema añadido sería indicar un nuevo ingrediente en la etiqueta. Aunque está demostrado que el glutamato monosódico es un ingrediente seguro, el consumidor actual reclama cada vez más productos "etiqueta limpia" que contengan los mínimos ingredientes posibles, señal de una menor adulteración en sus propiedades y en el sabor.

---

Una idea surgida durante el desarrollo de este ensayo fue intentar reducir el contenido de sodio al añadir glutamato monosódico. Se ha visto que es posible reducir la concentración de sodio en torno a un 30%, manteniendo la aceptabilidad y sin que haya grandes impactos en los costos de producción (Muñoz-Rosique & Tejada-Portero, 2022). Con esta modificación estaríamos desarrollando un producto más saludable que el actual. La idea es reemplazar parte de la sal común por una mezcla de cloruro de potasio y glutamato monosódico, ambas sustancias aprobadas por la FDA y consideradas como seguras para el consumo humano.

### **Conclusión**

El uso de especias y potenciadores del sabor como la sal y el glutamato monosódico mejoran el sabor del tentáculo de potón cocinado. El producto es probablemente más sabroso y apetecible para el consumidor, aunque estos aditivos deben ser declarados y puede generar cierto rechazo.

## 6.9. Congelación por nitrógeno líquido para mejorar la textura y el color

### Introducción

El método de congelación puede afectar las características sensoriales y, por consiguiente, a la calidad de los alimentos. La velocidad de congelación es crucial para el tamaño de los cristales de agua formados y los daños tisulares que se puedan ocasionar. Una velocidad rápida favorece la formación de microcristales que minimizan los daños. La duración de la congelación también puede favorecer la deshidratación superficial del producto y producir cambios de color más marcados.

El potón cocinado se congelaba lentamente en un túnel de columna espiral con convección de aire. Durante esta etapa se conseguía congelar completamente el producto. En los últimos años, la empresa ha adquirido un túnel de congelación por nitrógeno líquido que permite congelar en menos tiempo, de modo que las características sensoriales del producto final podrían incluso mejorarse.

El túnel marca CRYOFOOD modelo LN2 EQT N<sup>o</sup>: T-105 de Ultracongelación rápida de productos alimenticios con nitrógeno líquido. Los productos a congelar se distribuyen en la zona de carga, sobre una cinta de acero inoxidable con una velocidad de avance regulable que los introduce en la zona de preenfriamiento del túnel regulado a baja temperatura, donde el producto se enfría en contacto con nitrógeno gas en contracorriente. La congelación se efectúa por medio de nitrógeno líquido, como elemento refrigerante. Seguidamente, el producto entra en la zona de inyección, donde el nitrógeno líquido se inyecta atomizado en forma de ducha en la cantidad requerida para mantener constante la temperatura seleccionada del túnel. En contacto con el producto, el líquido se evapora, extrayendo del producto el calor latente. El producto así se congela en corto espacio de tiempo.

### Objetivo

El objetivo de este ensayo fue comparar dos métodos de congelación (convencional *vs.* nitrógeno) para conocer si congelando en menos tiempo se consigue un producto final con un color y una textura mejorados. Ambas propiedades son las que a priori tienen más posibilidades de verse afectadas por la congelación.

### Experimental

Se emplearon 2 técnicas de congelación, convencional y por nitrógeno líquido, utilizándose 7 temperaturas diferentes. Como control se utilizó la técnica de congelación lenta a -25°C utilizada por la empresa hasta el momento, tal como se describe en la **tabla 35**. El tiempo y la temperatura de congelación fueron seleccionadas teniendo en cuenta las condiciones de congelación de otros productos similares con los que se trabajaban en la empresa. Se hizo un seguimiento del potón durante toda la etapa de congelación y se apartaron las muestras cuando el producto estuvo congelado. Se procedió a su descongelación en refrigeración durante 24 h. Las muestras fueron evaluadas con un texturómetro y un colorímetro CIELab.

---

**Tabla 35.** Tratamientos de congelación utilizados en el estudio (hasta alcanzar una congelación interna completa).

Temperatura	Tiempo (min)	Equipo
-25°C	40	Túnel columna espiral
-50°C	15	
-60°C	15	
-70°C	15	
-80°C	10	Túnel de nitrógeno
-90°C	10	
-100°C	10	
-110°C	7	

## Resultados

La **tabla 36** muestra los valores de dureza y elasticidad medidos en muestras de potón cocinadas, congeladas y descongeladas. Como es lógico, los valores de dureza 1 y 2 y elasticidad fluctuaron al unísono, ya que están relacionados. Cuanto más elástica es la muestra debería presentar una mayor dureza en el segundo ciclo, ya que hay que volver a deformarla. Sin embargo, los valores de textura no presentaron una tendencia clara respecto a la temperatura de congelación por nitrógeno líquido. Tampoco fue posible establecer si mejoraba con respecto a la congelación convencional. En todo caso, al comparar los tratamientos con nitrógeno de la misma duración parece que al disminuir la temperatura de congelación podría obtenerse un producto con mejor textura, aunque habría que hacer nuevas pruebas.

La **tabla 37** muestra los valores de color CIELab en las muestras procedentes de diferentes condiciones de congelación. Los valores de L\*, a\* y b\* medidos en el corte muscular presentaron pocas variaciones para las diferentes condiciones de congelación ensayadas. Hay que tener en cuenta que la carne de potón cocinado es un producto blanco y opaco.

**Tabla 36.** Efecto del método de congelación sobre la textura del tentáculo de potón cocido congelado y descongelado.

Tiempo (min)	Temperatura (° C)	Dureza 1 (N)	Dureza 2 (N)	Elasticidad (mm)
		M	M	M
40	-25	14,2	13,3	14,7
15	-50	15,2	14,8	9,4
15	-60	13,5	12,5	13,4
15	-70	13,6	12,7	10,8
10	-80	17,2	15,9	8,8
10	-90	14,8	13,9	12,1
10	-100	14,5	13,5	11,5
7	-110	13,2	12,1	9,4
	<b>Total</b>	14,5	13,6	11,3
	<i>ESM</i>	1,6	1,6	3,6

M: media; ESM: error estándar de la media.

**Tabla 37.** Efecto de la temperatura de congelación sobre el color CIELab del tentáculo de potón cocinado congelado.

Tiempo (min)	Parámetros de color	L*	a*	b*
	Temperatura (° C)	M	M	M
40	-25	75,5	-1,6	6,4
15	-50	77,2	-2,1	6,4
15	-60	77,8	-1,9	7,5
15	-70	78,7	-2,2	6,9
10	-80	78,5	-2,3	8,2
10	-90	79,7	-2,3	7,0
10	-100	78,5	-2,1	6,4
7	-110	80,9	-2,2	6,8
	<b>Total</b>	<b>78,4</b>	<b>-2,1</b>	<b>6,9</b>
	<i>ESM</i>	2,1	0,4	0,6

M: media; ESM: error estándar de la media;

---

## Discusión

La congelación es una operación unitaria en que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, con lo que una proporción elevada de agua que contiene cambia de estado formando cristales de hielo (Singh & Roos, 2005). El proceso de congelación combina el efecto favorable de bajas temperaturas con la conversión de agua en hielo. A temperaturas inferiores a  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  algunos microorganismos pueden desarrollarse, pero se reduce la velocidad de reacción química y también se retrasan las reacciones metabólicas celulares (Delgado & Sun, 2001).

Existen pocas referencias sobre el efecto de la temperatura y la velocidad de congelación en moluscos cefalópodos cocinados. Sí existe alguna información sobre el efecto de la temperatura y tiempo de congelación durante el almacenamiento de estos. La velocidad de congelación tiene un efecto importante en el número, tamaño y distribución de los cristales formados durante la congelación. Cuando la congelación es rápida, se forman numerosos cristales de hielo de menor tamaño en comparación a los generados durante la congelación lenta. Estos cristales se distribuyen uniformemente en el interior y exterior de la célula y causan menor daño a las proteínas y tejidos, disminuyendo la desnaturalización y agregación. En cambio, la congelación lenta genera menos cantidad de cristales de hielo, pero de mayor tamaño, lo que implica mayor daño estructural a las proteínas y tejidos. Estos cristales se forman principalmente en el exterior de la célula, provocando una mayor concentración de solutos en el exterior de la misma con respecto al interior, lo que provoca la subsecuente migración de agua por difusión (Nesvadba, 2008).

Se ha demostrado que velocidades rápidas de congelación permiten que el agua congele entre los filamentos reales de miosina y actina, formando pequeños núcleos cristalinos que no llegan a dañar ni alterar la estructura del músculo. Sin embargo, también se ha observado que a medida que se prolonga el tiempo de congelación (velocidades muy lentas), aumenta el daño estructural debido a la formación de cristales demasiado grandes (Badui, 2006).

Gómez-Guillén & Montero (1997) demostraron mediante microscopía electrónica de barrido (MEB) diferencias estructurales de geles en sardina, cuando el músculo picado fue sometido a diferentes velocidades de congelación ( $-18$  y  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). La MEB reveló que la congelación lenta ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) provocó la formación de grandes agregados con cavidades de mayor tamaño en comparación a la congelación rápida ( $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), donde se observó una matriz ordenada y con poros pequeños. Estos autores asociaron este efecto a una menor agregación proteica debido a la formación de cristales de hielo de menor tamaño formados durante la congelación rápida.

La congelación de la carne produce la formación de cristales de hielo intra- y extracelulares. En la congelación rápida, el hielo puede ser formado intracelularmente, afectando la estructura interna de la muestra. Durante la conservación de carne, el hielo extracelular formado a bajas velocidades de congelación produce un mayor daño tisular (Molina-García et al., 2004). La formación de algunos cristales de hielo durante la congelación lenta concentra, en efecto, el fluido extracelular de tal forma que el agua sale de las células, diluyéndola (Goswami, 2010; Kiani & Sun, 2011).

Los factores extrínsecos más importantes que influyen en la calidad de las proteínas del pescado durante la congelación son los siguientes: número de ciclos congelación-descongelación, velocidad de congelación y descongelación, temperatura y sus fluctuaciones durante el almacenamiento, tiempo de congelación y condición de la materia prima durante la congelación. Cada uno de estos factores tiene un efecto sobre la concentración de solutos, formación de cristales de hielo durante la congelación, recristalización durante el almacenamiento, deshidratación de superficie y formación de interacciones intermoleculares (Lanier et al., 2005).

Shanks et al. (2002) informaron que la temperatura y la duración del almacenamiento pueden afectar a la formación de hielo intracelular. La congelación produce la destrucción del músculo y su ablandamiento. En cambio, otros autores como Hergenreder et al. (2013) concluyeron que la congelación y el almacenamiento en congelación no afecta la terneza de la carne. Las diferencias en los parámetros de congelación podrían explicar esta inconsistencia.

Gokoglu et al. (2018) comprobaron que los valores de dureza y masticabilidad del calamar común se redujeron significativamente ( $p < 0,05$ ) tras la congelación, mientras que los parámetros del perfil de textura de las muestras de pulpo y sepia no mostraron cambios significativos ( $p > 0.05$ ) después de la congelación. De acuerdo con estos hallazgos, se puede deducir que, si bien la congelación afectaba la textura de los músculos de los calamares, no había ningún efecto sobre el pulpo y sepia. Los panelistas consideraron más tiernas las muestras de calamar tras la congelación.

No obstante, tras realizar el ensayo, se ha podido observar indicios de que existen cambios en la textura, aunque no en el color del potón, tras aplicar diferentes tratamientos de congelación. Habrá que programar un nuevo experimento comparando más tratamientos de idéntica duración para definir mejor cual es la temperatura más idónea para procesar el producto en el túnel con nitrógeno líquido disponible. La empresa tendrá que decidir si los resultados actuales son suficientes para poder aplicarlos e introducirlos en su proceso productivo, teniendo en cuenta, la reducción del tiempo de congelación y en la mano de obra, además de valorar los costes energéticos implicados.

Resulta difícil medir la textura instrumental en un producto tan heterogéneo como los tentáculos de potón, más parecido al pulpo, donde hay una gran diferencia en las dimensiones y en la estructura muscular de las extremidades procedentes de diferentes individuos. El procedimiento de análisis deberá ser mejorado para estandarizar la muestra y hacer el método más repetitivo y reproducible.

## **Conclusión**

Aunque no ha sido posible establecer si la congelación mediante esta nueva técnica mejora la textura, elasticidad y color con respecto a la congelación convencional, sí que se debería tener en cuenta la reducción en tiempo, mano de obra y coste energético implicado en el proceso.

---

## 6.10. Uso de agentes glaseantes para mejorar la estabilidad durante el almacenamiento en congelación

### Introducción

Hasta el momento, la técnica de glaseado se realizaba en la empresa utilizando como único ingrediente agua osmotizada. La adición de glaseante está bastante extendido en el sector. El agente glaseante es un líquido incoloro e inodoro de uso alimentario industrial que actúa mediante la formación de una barrera protectora frente a agentes externos. Añadiendo glaseante al agua del glaseado se consigue dar elasticidad al hielo evitando roturas y grietas, reduciendo la presión de vapor para que la evaporación sea mínima y dar al producto una apariencia atractiva y transparente. La evaporación del agua de la superficie del cefalópodo, que tiene lugar durante el almacenamiento, daña al producto por deshidratación y además favorece la oxidación de las grasas. Por lo tanto, la incorporación del agente glaseante debería permitir la formación de una película continua en la superficie del cefalópodo, cuyo fin principal será evitar desecaciones superficiales y oxidaciones.

### Objetivo

El objetivo fue evaluar los efectos fisicoquímicos de un recubrimiento con varios glaseantes en la rodaja de tentáculo de potón cocinado congelado durante un período de seis meses y compararlas con muestras glaseadas con agua osmotizada en las mismas condiciones.

### Experimental

Para el estudio se utilizó rodaja de potón cocinada congelada procedente del túnel de congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Tandas de 1 kg se sometieron a glaseado utilizando diferentes agentes glaseantes. La **tabla 38** describe los medios propuestos para el glaseado y su composición. Las muestras para el estudio se dividieron en 5 grupos denominados G0, GS y G1-G3. Las recetas para los glaseados G1, G2 y G3 fueron preparadas por un mismo proveedor, el cual nos indicó la dosis de aplicación adecuada para nuestro tipo de producto.

El agente glaseante se añadió directamente en el agua de glaseado a una dosis de 20 g por litro de agua, es decir, el 2% hasta conseguir una disolución uniforme. La temperatura del agua debía estar entre  $1 - 3^{\circ}\text{C}$ . Las piezas a glasear se sumergían en el agua de glaseado durante 10-20 s. El porcentaje de glaseado (agua de cobertura con respecto al peso del producto) aplicado fue del 10%. Tras el glaseado, las muestras se envasaron en bolsas de polietileno y se almacenaron inmediatamente a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 6 meses. Cada mes, se tomaron muestras, por triplicado y se hizo un control ponderal. Se identificó el peso del contenido de la bolsa de rodaja de potón congelada justo antes del almacenamiento ( $P_i$ ). Se sacaron las bolsas almacenadas, se le quitó el hielo superficial al producto y se volvió a pesar para obtener el peso final ( $P_f$ ).

La pérdida de peso de la rodaja de poton congelada se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Pérdida de peso \%} = 100 \times (P_i - P_f) / P_i$$

**Tabla 38.** Medios de glaseado ensayados en las rodajas de potón cocinado.

Identificación	Composición del glaseante
G0	Sin glaseado
GS	Agua osmotizada
G1	Agua osmotizada, dextrosa, ácido cítrico y carboximetilcelulosa
G2	Agua osmotizada, dextrosa, ácido ascórbico, ácido cítrico y glicerina
G3	Agua osmotizada, ácido cítrico y glicerol.

## Resultados

La **tabla 39** muestra la pérdida de peso de la rodaja de poton tratada con diferentes glaseantes tras su almacenamiento en congelación durante 6 meses. Como puede verse, hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre productos tratados y no tratados a partir del primer mes de almacenamiento. En el segundo mes de almacenamiento, solo el tratamiento G2 redujo la merma de peso de 1.19 al 0.81% a con respecto al producto no tratado. En el tercer y cuarto mes, todos los medios de glaseado redujeron la pérdida de peso con respecto al producto no tratado. Finalmente, en el quinto y sexto mes, los tres nuevos medios de glaseado propuestos por el proveedor redujeron las pérdidas de peso del producto congelado a diferencia del tratamiento GS que se venía aplicando en la empresa. Por tanto, el uso del glaseante G2 con dextrosa, ácido ascórbico, ácido cítrico y glicerina sería el mejor de los productos ensayados para minimizar las pérdidas de peso del producto, si bien las diferencias entre los distintos medios fueron mínimas.

**Tabla 39.** Modificaciones en el peso de la rodaja de poton tratada con diferentes glaseantes tras su almacenamiento en congelación durante 6 meses.

Mes	Pérdida de peso (g/100g)						Total	ESM
	GO	GS	G1	G2	G3			
1	1,07	0,88	0,76	0,71	0,77	0,84	0,07	
2	1,19	a 0,95	ab 0,87	ab 0,81	b 0,85	ab 0,94	0,06	
3	1,38	a 0,96	b 0,87	b 0,81	b 0,90	0,99	0,06	
4	1,45	a 0,99	b 0,94	b 0,83	b 0,95	1,03	0,07	
5	1,48	a 1,06	ab 0,97	b 0,89	b 0,97	1,08	0,08	
6	1,51	a 1,35	ab 0,98	b 0,92	b 1,00	1,16	0,08	

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-b</sup> Efecto del medio de glaseado en muestras con el mismo tiempo de congelación (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel.

---

## Discusión

La congelación es una técnica ampliamente utilizada en la conservación del calamar para inhibir el crecimiento microbiano, la oxidación y la autólisis enzimática (Rodríguez-Turién et al., 2011). Sin embargo, la congelación tradicional puede dar lugar a deterioro de la calidad del pescado debido a la oxidación de los lípidos, la desnaturalización de las proteínas y la deshidratación de la superficie durante el almacenamiento en congelación (Sun et al., 2019).

La rodaja de potón cocinada se congela para conseguir la máxima duración del producto y que sus propiedades y calidad se conserven de la mejor forma posible. La aplicación del glaseado ayuda a conseguir que el producto retenga todas sus características y llegue en las mejores condiciones al consumidor final. Normalmente contiene antioxidantes y/o sinérgicos (p. e. ácido ascórbico y cítrico) y crioprotectores y (p. e. azúcares, glicerol y derivados, o carboximetilcelulosa). Esta técnica consiste en rociar o sumergir la rodaja en agua justo después del proceso de congelación, para obtener una fina película de hielo sobre el alimento que evita su deshidratación y lo protege de la oxidación por el aire del entorno. Esto ayuda, por un lado, a mantener todas las propiedades sensoriales (sabor, olor, color) completamente intactas y, por otro, ayuda a que el producto no se deshidrate, aumentando así su durabilidad.

El glaseado protege la calidad del pescado de los efectos de la exposición del producto congelado al aire durante largos periodos de almacenamiento. La capa de hielo formada en la superficie del pescado congelado impide el contacto entre el aire y la superficie, reduce la tasa de oxidación y controla la pérdida de humedad (Žoldoš et al., 2011). La capa superficial de hielo se sublima en lugar del pescado, lo protege y reduce la tasa de oxidación (Bogh-Sorensen, 2006). Los espesores de recubrimiento están relacionados con factores como el tiempo de inmersión, la temperatura del pescado y la temperatura del recubrimiento (Soares et al., 2016). La calidad del producto se vería afectada por el espesor del recubrimiento (Vanhaecke et al., 2010). El glaseado sigue siendo la tecnología de protección menos costosa, habiéndose convertido así en un proceso ampliamente utilizado en la industria pesquera (Žoldoš et al., 2011).

El glaseado tradicional con hielo de agua sin tratar puede provocar grietas y sublimación durante el almacenamiento congelado, especialmente si hay fluctuaciones de temperatura (Soares et al., 2016). Se ha visto que este método puede no ser efectivo para proteger eficazmente productos como los camarones, con la consiguiente disminución en su calidad. Además, la contaminación bacteriana, especialmente por bacterias psicrófilas, no puede ser completamente suprimida por el tratamiento de glaseado con hielo de agua (Zhang et al., 2015).

Los antioxidantes se vienen utilizando como agentes de glaseado para mejorar la calidad de productos alimenticios congelados durante el almacenamiento (Soares et al., 2017). Por ejemplo, Žoldoš et al. (2011) encontraron un efecto positivo del glaseado y las condiciones estables de almacenamiento en congelación sobre la oxidación lipídica (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) en el abadejo de Alaska pese a su bajo contenido de grasa. Se puede prevenir o retrasar eficazmente la oxidación de los

alimentos con derivados del ácido ascórbico, eficaz para estabilizar el color muscular (Mancini et al., 2007). El empleo de productos sinérgicos de antioxidantes secundarios, como el ácido cítrico, puede mejorar los resultados.

Se han aplicado agentes de glaseado y /o revestimiento tales como quitosano, proteínas de suero, nisina, polifenoles de té y/o ácidos orgánicos que incorporan sustancias antimicrobianas y/o antioxidantes para estabilizar los productos de camarón durante su almacenamiento congelado (Na et al., 2018). Caben destacar, varios ingredientes activos, solos o combinados incorporados a los acristalamientos y mostraron la ventaja de permitir una liberación lenta de componentes activos añadidos al hielo de glaseado (Sánchez-Ortega et al., 2014). Estos componentes pueden retardar la degradación de proteínas, la eliminación de los radicales libres, suprime las quemaduras por congelación, inhibe el crecimiento de bacterias, y/o proporcionar protección física a los productos alimenticios (Dehghani et al., 2017)

Otro ejemplo es el poliacrilato de sodio, un polímero hidrofílico soluble en agua, que forma una solución acuosa transparente y viscosa (Ylikantola et al., 2013). Su viscosidad es aproximadamente 15~20 veces mayor que la de la carboximetilcelulosa y el alginato, siendo ampliamente usado en la industria alimentaria debido a sus características espesantes (Zhou et al., 2009). El poliacrilato de sodio tiene muchas ventajas, como una excelente resistencia mecánica y estabilidad térmica. Este compuesto se trata de un éter de celulosa que se Obtiene por reacción de un álcali celulosa con un ácido monocloroacético y/o monocloroacetato de sodio (Romero-López, 2014).

Cao et al. (2019) utilizaron carboximetilcelulosa de sodio, alginato de sodio y eritorbato de sodio como agentes de glaseado en camarones pelados durante el almacenamiento congelado, en comparación con el tratamiento tradicional de glaseado. Los datos revelaron que el crecimiento de aerobios totales, *E. coli* y *S. aureus* se inhibió tras el tratamiento combinado, en comparación con el grupo control. El examen de la textura y la microestructura verificaron que el acristalamiento combinado mantuvo la elasticidad y la masticabilidad del músculo del camarón, mostrando un efecto positivo sobre la estabilidad y la integridad de las microestructuras tisulares.

La carboximetilcelulosa se puede humectar con disolventes orgánicos solubles en agua, tales como el alcohol, la glicerina, etc., en una reacción de 5 partes de glicerol a una. La pasta resultante se puede adicionar al agua o el agua a la pasta. En ambos casos la disolución se efectúa rápidamente y libre de grumos (Romero-López, 2014)

Tan et al. (2019) comprobaron que la calidad del calamar disminuyó después de seis meses de almacenamiento en congelado. En comparación con el producto no glaseado, la aplicación de glaseado tuvo un efecto positivo en la pérdida de humedad, oxidación de lípidos y degradación y oxidación de proteínas. La adición de poliacrilato de sodio mejoró la capa de hielo, creando una barrera protectora de vapor, que contribuyó a mantener la calidad del calamar. Además, la adición en el glaseado de eritorbato de sodio como antioxidante inhibió la oxidación de lípidos y proteínas en el calamar y prolongó su vida útil. El tratamiento combinado de poliacrilato de sodio y eritorbato de sodio mejoró los resultados del tratamiento.

---

Las proteínas del músculo del pescado son menos estables que las de la carne de vacuno, cerdo o aves. Las proteínas miofibrilares son más susceptibles al daño por congelación que las sarcoplásmicas y las del estroma. La conformación de la proteína nativa se puede estabilizar con crioprotectores, como los azúcares. La acción de los crioprotectores mejora la retención de agua y aumenta la tensión superficial. El mecanismo de estabilización de las proteínas es a través de la crioprotección y la criostabilización. La crioprotección es donde los compuestos de bajo peso molecular favorecen termodinámicamente el mantenimiento de las proteínas en su estado nativo. La criostabilización implica el uso de polímeros de alto peso molecular para elevar la temperatura de transición vítrea (Park, 1994).

Un problema es que el uso de agentes de glaseado debe ser declarado en el etiquetado, lo que puede ser valorado negativamente por algunos clientes. Además, el uso de glaseantes supone un coste añadido, por lo que se tendrá que valorar si el uso de estos aditivos supone una ventaja tras hacer balance.

Actualmente la empresa está llevando a cabo un estudio para sustituir la cobertura actual con agua osmotizada por el uso de otras sustancias, generadas como residuo en la misma planta, procedente de las pieles de los cefalópodos con los que se trabajan, para crear una película protectora. Este estudio requiere de más tiempo y de colaboraciones con otras entidades por lo que no se ha podido desarrollar en esta presente tesis.

## **Conclusión**

El uso de agentes glaseantes reduce la pérdida de peso de la rodaja de poton cocinada y congelada, aunque habría que extrapolar los resultados a los 24 meses de vida útil del producto. La incorporación de dextrosa, ácido ascórbico, ácido cítrico y glicerina al agua osmotizada mejora ligeramente la eficacia del tratamiento. Se produce también una mejora en el aspecto de la rodaja congelada ya que presenta más brillo y menos roturas.

## 6.11. Uso de envasado al vacío para extender el tiempo de uso doméstico del producto descongelado

### Introducción

La vida útil de un producto se define en el Reglamento 2073/2005 como “el período anterior a la fecha de duración mínima o a la fecha de caducidad”. Los estudios de caducidad comercial tienen como finalidad la determinación del periodo de tiempo en el que un determinado producto, almacenado bajo unas condiciones concretas, presenta un nivel óptimo de calidad en sus atributos (además de cumplir con los límites correspondientes a nivel microbiológico y fisicoquímico).

En el caso del calamar cocinado y congelado, las condiciones de envasado tienen un impacto directo sobre su durabilidad. El principal mecanismo de deterioro del producto congelado es la oxidación a largo plazo, favorecida por la presencia de oxígeno en el interior del envase. Un aspecto importante es que se indica que el producto debe ser consumido en los tres días siguientes una vez descongelado. El envasado al vacío es más costoso, pero podría extender la vida útil en refrigeración del producto descongelado.

### Objetivo

Conocer si el envasado al vacío en bandeja skin mejora la durabilidad de las rodajas de potón cocinadas una vez descongeladas y mantenidas en refrigeración, con respecto al producto envasado con aire en bolsa tipo almohadilla.

### Experimental

Para el envasado aeróbico se utilizó un envase compuesto por polipropileno mate de 20 micras de espesor. Es uno de los materiales plásticos más utilizados siendo resistente a la corrosión y soporta altas temperaturas. Para el envasado al vacío se necesita plásticos de polietileno de baja densidad (LDPE). Es un material plástico de amplio uso para el envasado de alimentos congelados. Por presentar barrera contra la humedad es usualmente laminado a otros “films” para adicionarle dicha propiedad. Es barato y excelente como material de termosellado. No tiene barrera a los gases. Los envases utilizados se describen en la **tabla 40**.

**Tabla 40.** Detalle de las muestras estudiadas durante el ensayo.

Método de envasado	Caducidad comercial
Envasado aeróbico (bolsa tipo almohadilla)	3 días
Envasado al vacío (Bandeja skin)	6 días

Tamaño de muestra n=6.

Las muestras se tomaron del final de línea una vez envasadas y se almacenaron a temperatura de congelación durante 12 meses. Una vez finalizado este tiempo, las muestras se descongelaron en la cámara de refrigeración, simulando las condiciones de “la parte baja del frigorífico” tal como viene indicado en el modo de empleo.

Se evaluó el olor, sabor, textura y color en el tentáculo de potón cocinado y descongelado. Para ello, de nuevo, se reclutó un panel sensorial con miembros de la empresa para evaluar el producto final. La evaluación se realizó inmediatamente después de retirar el producto de la cámara de refrigeración, en la que se almacenaba durante 24 h para su descongelación.

También se evaluó la calidad microbiológica (**tabla 41**) para asegurar que la nueva técnica de envasado daba como resultado un producto que cumplía los estándares microbiológicos establecidos. Se hicieron análisis microbiológicos de Enterobacterias, Aerobios mesófilos, *E. coli* β-glucuronidasa positiva, *S. aureus* coagulasa positivo, *L. monocytogenes* y *Salmonella spp.*

**Tabla 41.** Parámetros microbiológicos analizados durante el ensayo.

Microorganismos	Unidades	Límites		Referencia
		m	M	
Enterobacterias	NMP/g	1x10 <sup>2</sup> /g	1x10 <sup>3</sup> /g	O. 2/8/1991 BOE 15/08/91
Aerobios mesófilos	NMP/g	1x10 <sup>5</sup> /g	1x10 <sup>6</sup> /g	O. 2/8/1991 BOE 15/08/91
<i>E. coli</i> β-glucuronidasa positiva	NMP/g	1	10	R 2073/2005
<i>S. aureus</i> coagulasa positivo	UFC/g	100	1000	R 2073/2005
<i>L. monocytogenes</i>	En 25 g	No detectado		O. 2/8/1991 BOE 15/08/91
<i>Salmonella spp.</i>	En 25 g	No detectado		O. 2/8/1991 BOE 15/08/91

NMP: recuento en placas de número más probable

UFC: Unidad formadora de colonias

R 2073/2005: Criterios microbiológicos para productos alimenticios O. 2/8/1991 BOE 15/08/91: normas microbiológicas para los productos de la pesca y la acuicultura

## Resultados

Las **tablas 42 y 43** muestran los resultados del análisis sensorial llevado a cabo para conocer la caducidad comercial en la rodaja de potón cocinada y descongelada envasado en medio aeróbico y anaeróbico respectivamente. Según la evaluación sensorial, el producto envasado en bandeja aeróbica y descongelado mantuvo su olor en máximas puntuaciones durante los tres días, mientras que su sabor empeoró ligeramente (de 5.0 a 4.2) en el tercer día. Los resultados de textura fueron menos claros. La puntuación de textura fue similar en el primer (5.0) y tercer día (4.9), y, al igual que la del sabor, bajó en el segundo día a 4.2. En cambio, la valoración del color bajó del primero (5.0) al segundo día (4.2) y después se mantuvo (4.1). La puntuación promedio del producto, que debía

ser superior a 3 para considerarlo aceptable, fue de 5.0 en el primer día, la máxima de la escala, y después bajó a 4.6 en los dos días siguientes.

**Tabla 42.** Evaluación sensorial para las muestras de rodaja de potón cocinada en envase aeróbico y descongelado durante su periodo de uso.

	Tiempo transcurrido (días)				Media	ESM
	1	2	3			
	M	M	M			
<b>Olor</b>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>		5,0	0
<b>Sabor</b>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>		5,0	0.06
<b>Textura</b>	5,0 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>		5,0	0.07
<b>Color</b>	5,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>		5,0	0.06
<b>Total</b>	5,0	4,6	4,6			0.03

M: media; ESM: error estándar de la media;

Escala: 0-5.

<sup>a-c</sup> Efecto del envasado en muestras con el mismo tiempo de congelación (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel

**Tabla 43.** Evaluación sensorial para las muestras de rodaja de potón cocida en envase anaeróbico y descongelada durante su periodo de uso.

	Tiempo transcurrido (días)						Media	ESM
	1	2	3	4	5	6		
	M	M	M	M	M	M		
<b>Olor</b>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0	0.00
<b>Sabor</b>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0	0.04
<b>Textura</b>	5,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,2 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,9 <sup>a</sup>	5,0	0.06
<b>Color</b>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>	5,0	0.02
<b>Total</b>	5,0 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,8 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4,5 <sup>c</sup>		0.01

M: media; ESM: error estándar de la media; Escala: 0-5.

<sup>a-c</sup> Efecto del medio de glaseado en muestras con el mismo tiempo de congelación (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel.

El producto envasado en al vacío mantuvo las máximas puntuaciones de olor y sabor durante todo el almacenamiento, excepto en el sexto día, donde ambas bajaron a 4.2. De nuevo, los resultados de textura no fueron tan claros. La puntuación de dureza estuvo en valores en torno a 5.0 durante todo el almacenamiento, menos los días 2 y 4, donde bajó a 4.1 y 4.2, respectivamente. En cambio, la valoración del color fue similar a la de olor/sabor, se mantuvo en un valor máximo (5.0) durante todo el almacenamiento y bajó a 4.1 en el último día. La puntuación promedio del producto fluctuó por la textura, aunque se puede afirmar que hubo una pérdida sensorial en el sexto día (4.5) con respecto al resto (>4.78).

En la **tabla 44** se pueden contrastar los resultados obtenidos al utilizar los dos métodos de envasado a 3 y 6 días de vida útil propuestos. La puntuación que refleja la evaluación sensorial es la máxima (5) para sabor, textura y color transcurridos 6 días de almacenamiento en refrigeración para el envasado al vacío. Los resultados al tercer día para el envasado aeróbico no han sido tan favorables, obteniendo un 4.1 para color, 4.2 para sabor y un 4.9 en textura.

**Tabla 44.** Comparativa entre la rodaja d de potón cocinada y descongelada tras tres y seis días de almacenamiento en refrigeración.

	Tiempo transcurrido (días)		Media	ESM
	Aeróbico	Anaeróbico		
	3	6		
	M	M		
Sabor	4.2 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4.6	0.07
Textura	4.9 <sup>a</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4.9	0.05
Color	4.1 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4.5	0.06
<b>Total</b>	4.5 <sup>b</sup>	5,0 <sup>a</sup>	4.7	0.02

M: media; ESM: error estándar de la media;

<sup>a-c</sup> Efecto del medio de glaseado en muestras con el mismo tiempo de congelación (Test de Tukey;  $p < 0,05$ ).

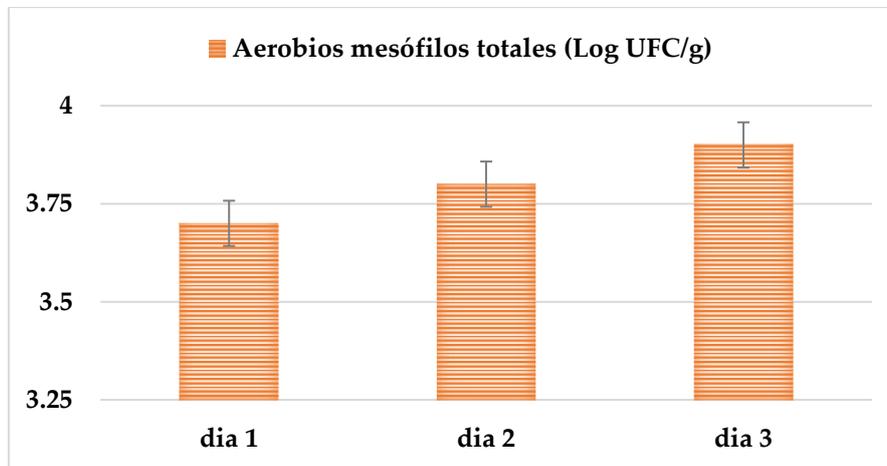
Tamaño de muestra:  $n=6$  por tratamiento y nivel

Las ventajas del envasado al vacío fueron claras, ya que el producto descongelado envasado al vacío mantuvo en todo momento mayores puntuaciones sensoriales (5.0 de promedio; excelente) que el producto descongelado envasado en bolsa aeróbica (4.6 de promedio, entre bueno y excelente), excepto para la textura, que fue similar. En ambos casos, el producto retuvo sobradamente sus características sensoriales.

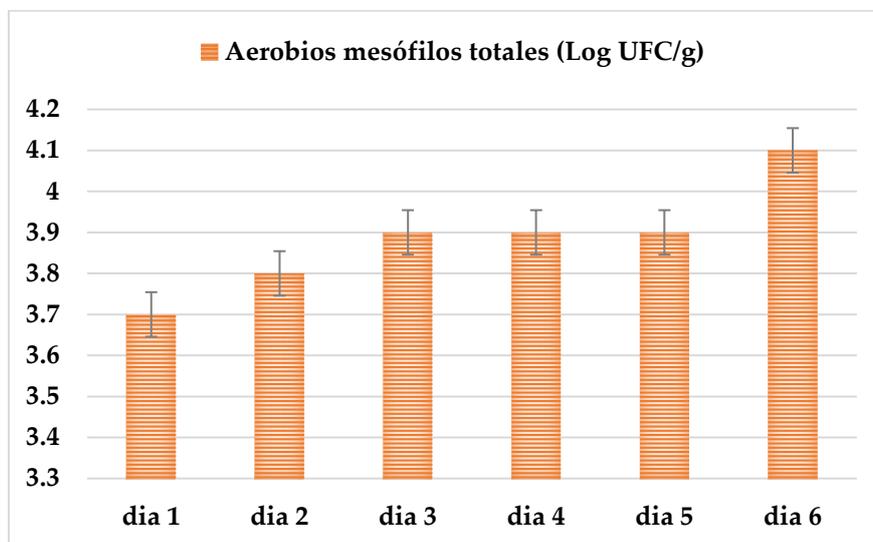
Todos los indicadores de seguridad microbiológica controlados por la empresa, incluyendo *L. monocytogenes*, *Salmonella spp*, Aerobios mesófilos, Enterobacterias, *E. coli* y *S. aureus*, dieron valores por debajo de los límites legales establecidos para el producto durante los periodos de tiempo de refrigeración monitorizados en cada tipo de envasado.

Los recuentos de bacterias aerobias mesófilas se muestran en las **figuras 75 y 76**. El envasado al vacío proporcionó cargas moderadas de mesófilos (<4.1 Log UFC/g) durante seis días, las cuales fueron bastante similares a las que se obtienen en el producto en envase aeróbico (<3.9 Log UFC/g) durante tres días. Por tanto, con el primer método, prácticamente no se asumen riesgos microbiológicos adicionales. En todos los casos, los niveles de mesófilos alcanzados estuvieron dentro de los límites autorizados por la UE (Reglamento 2073/2005), teniendo en cuenta que estos microorganismos pueden proliferar en este producto antes de ser congelado. Cabe indicar que los aerobios mesófilos incorporados al producto en las etapas anterior al envasado tuvieron dificultades para proliferar en el producto, ya que el tentáculo se conserva a temperatura de refrigeración en una zona delimitada y controlada.

**Figura 75.** Efecto del envasado aeróbico sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en rodaja de potón cocinado.



**Figura 76.** Efecto del envasado anaeróbico sobre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas en rodaja de potón cocinado.



---

## Discusión

Las condiciones de almacenamiento juegan un papel importante en la preservación y vida útil de los alimentos. Los productos precocidos y de humedad intermedia, se almacenan a temperaturas de refrigeración (0 – 4 °C). Las bajas temperaturas retardan la actividad de las enzimas y el crecimiento microbiano. A muy baja temperatura, como la congelación, este proceso es virtualmente detenido. La oxidación lipídica es retardada a bajas temperaturas y puede ser prevenida por el empaquetado del producto en materiales que tienen baja permeabilidad al oxígeno (Aguilera, 2020).

Los productos de origen pesquero son considerados perecederos, debido a que tienen un alto contenido de agua y proteína, traduciéndose en ser altamente sensibles al deterioro, desnaturalización de sus componentes por acción de enzimas y microorganismos, perdiendo valor nutricional, aptitud para consumo y por ende reduciendo su vida útil. La vida útil puede ser medida utilizando diferentes parámetros. El conocimiento de la vida útil de un alimento es importante para su comercialización, cambios de proceso, nuevos ingredientes, etc. (FAO y OMS 2012).

El envasado al vacío se considera una excelente herramienta para preservar los productos cárnicos ya que presenta la ventaja de mantener la calidad natural (Sánchez-Escalante et al., 2008) y prolongar su vida útil (Huss, 1995). Este método se emplea actualmente para distintos tipos de productos como carnes frescas, carnes curadas, quesos, etc. En menor medida se utiliza en panadería y otros alimentos con una consistencia blanda, ya que en estos la aplicación de vacío puede provocar una deformación. El proceso implica envasado en un film de baja permeabilidad al oxígeno y el sellado, luego de realizar la evacuación del aire. Con unas buenas condiciones de realización del vacío, la concentración de oxígeno se reduce por debajo del 1%. En las piezas de carne envasadas mediante este sistema se produce un cambio de color (pardeamiento) que puede producir un cierto rechazo en el consumidor. Otro inconveniente que puede presentar es la acumulación de exudado en el propio envase (López-Alonso et al., 2004).

En la industria pesquera el envasado al vacío junto con la refrigeración está siendo cada vez más popular debido a que favorece el almacenamiento, distribución y comercialización, tanto de productos crudos, como procesados. Posee un efecto positivo y significativo sobre la vida útil de los filetes (Yüksel-Genç et al., 2013).

Una vez descongelado, se activan los procesos oxidativos y microbiológicos que conducen al deterioro del tentáculo de potón cocinado. Según Espinoza-León (2019) el material del envase al vacío debe tener una buena barrera contra gases, de manera que el vacío se pueda retener durante el almacenamiento. Pueden usarse envases de poliéster/polietileno, aunque también las estructuras de nylon/polietileno son ampliamente utilizadas ya que ofrecen mejor resistencia a la formación de microagujeros.

García et al., (2006) reportaron que la duración de los productos de la pesca envasados en atmósfera protectora es superior frente a los envasados en aire, afirmando que ello se debe a que los gases utilizados previenen el desarrollo microbiano, las reacciones enzimáticas y de oxidación responsables de su deterioro. Además, dependiendo del tipo de producto, el tiempo de la conservación se puede prolongar entre el 50 y el 500%.

Según Sammic (2019), el pescado fresco sin envasado al vacío tiene una vida útil de 23 días, y si se envasa al vacío esta se triplica; es decir de 6-9 días; este cálculo teniendo en cuenta que el buen resultado de la vida útil de un producto no solo depende del envasado, también dependerá, en gran parte de del buen sistema de trabajo y de la recepción de la materia prima. El envasado al vacío permite obtener una mejora en la estabilidad del color además de limitar el enranciamiento. Esto se debe a la ausencia del oxígeno en contacto con el producto (Rodríguez, 2005). No se han podido encontrar datos de durabilidad de pescado o marisco cocinado descongelado.

### **Conclusión**

El envasado al vacío mantiene las características sensoriales del potón cocinado durante más tiempo porque probablemente retrasa la oxidación. Este envase permite ofrecer a clientes y consumidores un formato más conveniente para uso doméstico. La empresa decidirá si este envase cubre las necesidades para un nicho determinado de mercado.

---

## 7. CONCLUSIONES

### **Conclusión general**

Las actividades experimentales desarrolladas han confirmado que existe un amplio margen de mejora en la tecnología industrial de fabricación del potón cocinado y probablemente de otros productos similares. Es posible optimizar las instalaciones y equipos disponibles para mejorar la productividad. Afortunadamente, el calamar gigante del Pacífico que se procesa en la actualidad procede de aguas escasamente contaminadas. No obstante, el contenido en minerales del producto debe ser vigilado, ya que el uso de medios de maceración y cocinado puede cambiar sus niveles y las ingestas. Aplicar técnicas de inyección para reducir los tiempos de maceración y mejorar el rendimiento es un aspecto clave en esta tecnología. Los tiempos y/o temperaturas de cocinado deben ajustarse lo mejor posible al tamaño de las materias primas. Cualquier estrategia que mejore la calidad del producto (agentes de maceración, renovación del caldo de cocción, potenciadores del sabor, nitrógeno líquido, agentes de glaseado, o envasado al vacío) debe ser implementada siempre y cuando el producto pueda ser comercializado.

Las **conclusiones parciales** de la presente tesis doctoral han sido recogidas en los correspondientes ensayos.

---

## 8. RESUMEN

La presente tesis doctoral corresponde a un proyecto de investigación industrial cuyo objetivo fue mejorar la tecnología utilizada para elaborar la rodaja cocida y congelada de tentáculo de potón o calamar gigante del Pacífico (*Dosidicus Gigas*). Se llevó a cabo una reestructuración general de las instalaciones y equipos en la empresa colaboradora. El estudio tecnológico constó de once ensayos: Remodelación de la línea de fabricación; Uso de maceración por inyección para reducir el tiempo del tratamiento y mejorar el rendimiento; Influencia del origen sobre la composición y rendimiento; Cambios en el contenido mineral durante la maceración y el cocinado de materias primas de diferente origen y su posible influencia en las ingestas; Adecuación del medio de maceración a la técnica de inyección; Ajustes del tratamiento del cocinado para optimizar la textura; Reposición del caldo de cocinado para evitar desviaciones de color; Empleo de preparados culinarios a base de especias y glutamato monosódico; Congelación por nitrógeno líquido para mejorar la textura y el color; Uso de agentes glaseantes para mejorar la estabilidad durante el almacenamiento en congelación; Uso de envasado al vacío para extender el tiempo de uso del producto descongelado. Dependiendo del tipo de ensayo, se determinó la composición proximal (humedad, proteínas totales, lípidos totales y cenizas), deshidratación (mermas de peso), color (color CIELab), textura instrumental (TPA), sensoriales (apariencia, olor, sabor y textura), cálculos nutricionales, de seguridad microbiológica (*Staphylococcus* spp., Enterobacterias, *E. Coli*, Aerobios mesófilos, *Salmonella* spp., y *L. monocytogenes*), determinación de minerales (mediante ICP-OES/MS).

Numerosas mejoras tecnológicas fueron aplicadas. La maceración por inyección permitió ahorrar tiempo y alcanzar una mayor capacidad de producción. Además, redujo el consumo del agua necesaria para el proceso y mejoró el rendimiento en peso del producto, siendo sensorialmente satisfactorio y microbiológicamente seguro. El origen de la materia prima afectó al rendimiento y a la composición del producto final debido a las diferencias de tamaño y su consiguiente retención de jugos, aunque apenas afectó a su contenido mineral. Los resultados indicaron que su consumo no superaría los límites de ingesta establecidos. El empleo de diferentes medios de maceración no produjo grandes diferencias en cuanto al rendimiento, pero sí que se pudo decidir cuál de los aditivos propuestos era el más aceptable a nivel sensorial. La temperatura y el tiempo de cocinado no afectó a la valoración sensorial del producto y se pudo ajustar el tiempo de cocinado para minimizar las mermas. Se pudo establecer que es necesario reponer el caldo de cocinado transcurridas unas horas de trabajo para conseguir que el tentáculo cocinado presente un color uniforme. El uso de una mezcla de especias con potenciador del sabor fue positivo para la calidad sensorial del potón cocinado. No fue posible establecer si la Ultracongelación con nitrógeno líquido mejora o no la textura, elasticidad y color, pero sí que se debe tener en cuenta la reducción en tiempo, mano de obra y coste energético implicados en el proceso. El uso de crioprotectores mejoró la presentación final de la rodaja de potón cocinada congelada y evitó efectos indeseados causados por la oxidación. Envasar la rodaja de potón al vacío aumentó la durabilidad del producto cocinado una vez descongelado. Las actividades experimentales desarrolladas han confirmado que existe un amplio margen de mejora en la tecnología industrial de fabricación de rodajas de tentáculo de potón cocinado y probablemente de otros productos similares.

---

## ABSTRACT

The present doctoral thesis corresponds to an industrial research project whose objective was to improve the technology used to produce a cooked-frozen sliced arms from giant Pacific squid (*Dosidicus Gigas*). A general restructuring of equipment and processing plant was carried out at the collaborating company. Technological study consisted of eleven tests: Remodelling manufacturing line; Use of marinating by injection to reduce treatment time duration and improve weight yield; Influence of Fishery origin on the composition and yield; Changes in mineral content during maceration and cooking of raw materials from different origin and their possible influence on dietary intakes; Adaptation of marinating media to injection technique; Cooking treatment adjustments to optimize texture; Replacement of cooking broth to avoid colour deviations; Use of culinary preparations based on spices and monosodium glutamate; Freezing by liquid nitrogen to improve texture and colour; Use of glazing agents to improve stability during frozen storage; Use of vacuum packaging to extend the use time duration of thawed product. Depending on the type of test, proximal composition (moisture, total proteins, total lipids and ashes), dehydration (weight losses), colour (CIELab colour), instrumental texture (TPA), sensory (appearance, odour, flavour and texture), nutritional indexes, microbiological counts (*Staphylococcus spp.*, *Enterobacteriaceae*, *E. Coli*, mesophilic aerobes, *Salmonella spp.*, and *L. monocytogenes*), and mineral determinations (using ICP-OES/MS) were performed.

Numerous technological improvements were applied. Marinating by injection saved the time necessary for the process, allowing greater production to be achieved. In addition, it reduced water consumption and improves product yield, being sensorially satisfactory and microbiologically safe. Fishery origin of raw material mainly affected yield and composition of final product due to differences in tentacle size and its consequent retention of juices, although barely affected its mineral content. The results indicated that its consumption would not exceed the established dietary intake limits. The use of different maceration media did not produce major differences in terms of performance, but it was possible to decide which of the proposed additives was the most acceptable on a sensory level. The temperature and cooking time did not affect the sensory quality of the product, so it was possible to adjust cooking to minimize juice loss. It was established that it is necessary to replace the cooking broth to ensure that the cooked tentacle has a uniform colour. The use of a spice mixture with a flavour enhancer was positive for the sensory quality of the product. It was not possible to establish whether deep freezing with liquid nitrogen improves texture, elasticity and colour or not, but the reduction in time, workload and energy costs involved in the process must be taken into account. The use of cryoprotectants improved the final presentation of the cooked-frozen squid arms and avoided unwanted effects caused by oxidation. Vacuum packaging of squid arm slice increases the durability of the cooked product once thawed. The experimental activities developed have confirmed that there is a wide margin for improvement in the industrial technology for manufacturing cooked squid arms and probably other similar products.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Intentar trabajar con otros proveedores que suministren potón de otras zonas de captura para conocer si los rendimientos siguen viéndose afectados por el origen y establecer cuál es el producto más idóneo.
2. Determinar nuevas formulaciones para los aditivos empleados que permitan obtener un resultado mejorado permitiendo destacar el producto frente a otros del mercado.
3. Continuar con trabajos de investigación referidos a otras partes del potón para su aprovechamiento y valor agregado de estas materias primas ya que es un producto muy versátil y con muchas posibilidades.
4. Utilizar otras técnicas para el cocinado como podría ser el cocinado al vapor y contrastar con los resultados sensoriales y de rendimiento para comprobar si realmente la técnica de cocinado en agua es la más adecuada para el potón.
5. Conociendo las características que aporta el color del caldo de cocinado, se puede buscar la manera de ofrecer un nuevo producto con efecto “tostado o cocinado lento”.
6. Búsqueda de otros crioprotectores diferentes al agua. La empresa está desarrollando un recubrimiento compuesto por piel y otros desechos del potón que pretende que ejerzan la misma función que hasta ahora el glaseado.
7. Seleccionar y preparar personal para realizar una mejor evaluación de las características sensoriales del producto final.
8. Realizar evaluaciones en los productos envasados al vacío transcurrida la fecha de vida útil prevista, a través de controles establecidos de peso descongelado y evaluación de deficiencias en el producto final, con el fin de asegurar garantía de que el producto elaborado cumple con los requisitos manifestados por el cliente.
9. Buscar otros formatos de presentación para el producto final que presenten una composición mejorada y que mantenga el producto en perfectas condiciones.

---

---

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Aberle, E. D., Forrest, J.C., Gerrard, D. E., Mills, E.W., Hedrick, H.B., Judge, M.D., & Merkel R. A. (2001). Principles of meat science. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Adam, M.R. & Moss, M.O. (1997). Microbiología de los alimentos. Zaragoza, España, Acribia, S.A. 465 p.
- AESAN. (2011). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición en relación al uso del peróxido de hidrógeno como coadyuvante tecnológico en el procesado de hemoderivados y cefalópodos. Revista Del Comité Científico No 15, 11–32. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3438776>.
- Agrafioti, P. T., & Katsanidis, E. (2012). Effects of additives on the selected quality attributes and cooking yield of squid: Modelling and optimization. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 579–589. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.494755>.
- Aguado, F., & García G. B. (2002). Growth and food intake models in *Octopus vulgaris* Cuvier (1797): influence of body weight, temperature, sex and diet. *Aquaculture International* 10 (5): 361-377.
- Agüeria, D., Grosman, F., Tabera, A., Sanzano, P., & Porta, R. (2004). Valoración de la calidad de carne de pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). *Rev. Aquatic*. 20: 9-19.
- Aguilar (2016). Métodos de conservación de alimentos. 1 ed. [http://www.aliatuniversidades.com.mx/bibliotecasdigitales/pdf/economico\\_administrativo/M%C3%A9todos\\_de\\_conservacion\\_de\\_alimentos.pdf](http://www.aliatuniversidades.com.mx/bibliotecasdigitales/pdf/economico_administrativo/M%C3%A9todos_de_conservacion_de_alimentos.pdf).
- Aguilera, J. (2020). Vida útil de producto marino tipo embutido almacenado en refrigeración, con la adición de un antimicrobiano natural, 47. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6915/1/AGI-2020-T001.pdf>.
- Agusa, T., Kunito, T., Sudaryanto, A., Monirith, I., Kan-Atireklap, S., Iwata, H., & Tanabe, S. (2007). Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environmental Pollution*, 145(3), 766–777. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.04.034>.
- Albarracín, H. W. (2009) Universidad Politécnica De Valencia. Departamento de Tecnología de Alimentos.
- Anastasio, A., Vollano, L., Visciano, P., Miranda, E., & Cortes, M.L. (1999). Correlations between pH, total volatile basic nitrogen, trimethylamine and sensory evaluation in fresh fish slices. *Archivfür Lebensmittelhygiene*, 50: 63-66.
- Anderson, C. I. H., & P. G. Rodhouse. (2001). Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fish. Res.* 54: 133-143. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00378-2](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00378-2).

- 
- Anderson, M. R. (2000). Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. 2 ed. Madrid, España, Díaz de Santos, S. A. 441 p.
- Ando, M., Tsukamasa, Y., Makinodan, Y., & Miyoshi, M. (1999). Muscle firmness and structure of raw and cooked arrow squid mantle as affected by freshness. *Journal of Food Science*, 64(4), 659–662. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15105.x>.
- Baquero, J. A. (2010). Pesca De Calamar Gigante *Dosidicus gigas*, En Ensenada, México: Una Pesquería Incipiente. Centro De Investigación Científica y De Education Superior De Ensenada. Mexico.
- Arcos-Coba, J. A., & Marín-Cucalón, B. E. (2021). La actualidad de los tipos de envases plásticos para alimentos. *E-IDEA Journal of Engineering Science*, 3(6), 1–16. <https://doi.org/10.53734/esci.vol3.id176>.
- Arellano, E., & Swartzman, G. (2010). The Peruvian artisanal fishery: Changes in patterns and distribution over time. *Fisheries Research*. (101): 133-145. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.08.007>.
- Arenas-Llenera, L. (2014). Investigación científica tecnológica para obtener pota (*Dosidicus gigas*) desodorizada y congelada Arequipa - 2014, 305. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/4453/69.0345.AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Argüelles, J., Tafur, R., Taipe, A., Villegas, P., Keyl, F., Dominguez, N., & Salazar, M. (2008). Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989–2004. *Progress in Oceanography*. 79: 308-312. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.003>.
- Atahuasi, F. (2017). Influencia del tipo de corte y técnica de acondicionamiento de anillas de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en su rendimiento y contenido de nitrógeno amoniacal. Tesis Facultad de Ciencias Agropecuarias – Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Perú.
- Atayeter, S., & Ercoşkun, H. (2011). Chemical composition of European squid and effects of different frozen storage temperatures on oxidative stability and fatty acid composition. *Journal of Food Science and Technology*, 48(1), 83- 89.
- Aubourg, S. P., Torres-Arreola, W., Trigo, M., & Ezquerra-Brauer, J. M. (2016). Partial characterization of jumbo squid skin pigment extract and its antioxidant potential in a marine oil system. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(9), 1293–1304. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500356>.
- Ayas, Z., Ekmekci, G., Yerli, S. V., & Ozmen, M. (2007). Heavy metal accumulation in water, sediments and fishes of Nallihan Bird Paradise, Turkey. *Journal of Environmental Biology*, 28(3), 545–549.
- Azlan, A., Izuan, M., Halimi, E., Radyaqsa, M., & Makassar, U. N. (2012). Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *International Food Research Journal* 19(1): 135-140.

- Badii, F., & Howell, N. (2002). Effect of antioxidants, citrate and cryoprotectants on protein denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 2053-2061. <https://doi.org/10.1021/jf010824f>.
- Badui, D. S. (2006). *Química de los Alimentos*. 4ª Edición, Pearson Education, México. ISBN: 9702606705.
- Barbera, S., & Tassone, S. (2006). Meat cooking shrinkage: measurement of a new quality parameter. *Meat Science*, 73(3), 467-474. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.01.01>.
- Baron, S., & Garcia, A. (2013). Efectos de la Adición de la proteasa Papaína de Carica papaya Y fibra de uva (*Vitis vinifera*) en longanizas crudas. Cartagena De Indias, Colombia. <https://hdl.handle.net/11227/355> <http://dx.doi.org/10.57799/11227/8317>.
- Barreiro J., & Sandoval A. (2006). *Operaciones de Conservación de Alimentos por Bajas Temperaturas*. Editorial Equinoccio. Estado Miranda. Venezuela.
- Bayen, S., Barlow, P., Lee, H. K., & Obbard, J. P. (2005). Effect of cooking on the loss of persistent organic pollutants from salmon. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A*, 68(4), 253–265. <https://doi.org/10.1080/15287390590895126>.
- Bello-Gutiérrez, J. (2008). *Jamón Curado. Aspectos científicos y tecnológicos. Perspectiva desde la Unión Europea*.
- Berge, P., Larsen, M., Astruc, T., Vignon, X., & Müller, A. J. (2001) Tenderization of beef by lactic acid injected at different times *postmortem*. Volumen 57, Número 4, Abril de 2001, páginas 347-357 [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00110-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00110-8).
- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. D. A. (2018). Applied and Emerging Methods for Meat Tenderization: A Comparative Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12356>.
- Bogh-Sorensen, L. (2006). *Recommendations for the processing and handling of frozen foods*. International Institute of Refrigeration, Paris.
- Bunmee, T., Jaturasitha, S., Kreuzer, M., & Wicke, M., (2014). Can calcium chloride injection facilitate the ageing-derived improvement in the quality of meat from culled dairy cows? *Meat Science*, 96(4), 1440–1445. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.002>.
- Burgess, O., Cutting, L., Lovernaja, J., Waterman, J. (1979). *El pescado y las industrias derivadas de la pesca*. Trad. López-Lorenzo, V., Barrado, M. Zaragoza, España, Acribia. 392p.
- Bykowski, P., & Kelodziejski, W. (1985). Chemical composition and quality of frozen roller-peeled krill meat. *International Institute of Refrigeration - Commissions Cz and Da*, p. 257. Aberdeen, Aberdeen I U.K.
- Díaz, Y. (2011). Influencia del tipo de corte y técnica de acondicionamiento de anillas de Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*) En su rendimiento y contenido de nitrógeno amoniacal Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/459%0Ahttp://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1073%0Ahttp://www.unjbg.edu.pe/institucion/historia.php>.

- 
- Campos, C. (2017). Estudio de migración de distintos componentes de materiales plásticos a los alimentos. Informe de Ingeniería para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Obtenido de <https://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2590/FIAI%20-%20INF.%20ING.%20%20Cesar%20William%20Campos%20Campos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cao, H., Juan, Z., Yi, S., Zhang, B., Wei, W., Ying, S., Lei, C., & Ying, X. (2019). Sodium erythorbate, stable chlorine dioxide, and gellan gum glazing for shelf-life extension of commercial peeled shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during frozen storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(10), 1–11. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14108>
- Carballo, B., & López, D. T. (1991). *Manual de Bioquímica y Tecnología de la Carne*. pp 1-60, Madrid Vicente, Spain.
- Cari-Ortiz, E. F. (2017). “Determinación Del Grado De Aceptación De Surimi De *Engraulis ringens* Anchoqueta, Aromatizado Con Extracto De *Minthostachys setosa* Muña”. Universidad Nacional De Moquegua Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera. Moquegua. Perú.
- Carmody, R. N., Weintraub, G. S., & Wrangham, R. W. (2011). Energetic consequences of thermal and nonthermal food processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(48), 19199–19203. <https://doi.org/10.1073/pnas.1112128108>.
- Carrillo, L. & Audisio, C. (2007). *Manual de microbiología de los alimentos*. San Salvador de Jujuy, Argentina. 194 p.
- Carvalho, M. L., Santiago, S., & Nunes, M. L. (2005). Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 382(2), 426–432. <https://doi.org/10.1007/s00216-004-3005-3>.
- Castro-González, M. I., & Méndez-Armenta, M. (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26(3), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2008.06.001>.
- Castro-Quevedo, C. F. (2020). “Elaboración de croquetas a partir de la nuca de Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*)”. Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería Pesquera. Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera. Piura-Perú.
- Catsiki, V. A., & Stroglyoudi, E. (1999). Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. *Science of the Total Environment*, 237–238, 387–400. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00152-7](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00152-7).
- Cayo, M. R. (2011). “Elaboración de conserva de pota (*Dosidicus gigas*) en trozos con salsa de tomate”. Facultad de Ingeniería Pesquera Escuela Académico Profesional de Ingeniería Pesquera. Tacna-Perú.
- Chambilla, T. W. (2010). Efecto del Método de Congelación sobre las Características Físicoquímicas y Organolépticas de la Carne de Cuy (*Cavia porcellus*). Tesis. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú.

- Chapilliquèn, F. (2020). "Evaluación del plus en productos congelados de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Planta Industrial Agropesca del Perú S.A.C – Sullana- 2020". <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2812>.
- Chaudhari, N. (2001). Umami taste transduction: multiple receptors and pathways? *Sensory Neuron*, 3(3), 129–138. <https://doi.org/10.1163/156856501750387201>.
- Chaudhari, N., & Roper, S. D. (2010). The cell biology of taste. *Journal of Cell Biology*, 190(3), 285–296. <https://doi.org/10.1083/jcb.201003144>.
- Coello, D., y Hidalgo, J. (2013). Comparación de la Concentración y Actividad Enzimática de la Bromelina a partir de la pulpa de la piña (*Ananas Comosus*) variedad perolera de dos grados de madurez. Guayaquil, Guayas, Ecuador. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/89709/D-79793.pdf>.
- Collignan, A., & Montet, D. (1998). Tenderizing Squid Mantle by Marination at Different pH and Temperature Levels. Volume 31, Issues 7–8, November 1998, Pages 673-679. <https://doi.org/10.1006/fstl.1998.0423>.
- Comisión Europea. (2006). Reglamento (CE) 1881/2006. Diario Oficial de La Unión Europea, 2006(L364), 5–24. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1573>
- Conell, J.J. (1995). Control of fish quality. Ed Fishing New. Ud, Surry, Reino Unido. 235p.
- Cortés-Ruiz, J. A., Pacheco-Aguilar, R., Ramírez-Suárez, J. C., Lugo-Sánchez, M. E., García-Orozco, K. D., Sotelo-Mundo, R. R., & Peña-Ramos, A. (2016). Conformational changes in proteins recovered from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle through pH shift washing treatments. *Food Chemistry*, 196, 769–775. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.054>.
- Czech, A., & Stachyra K. (2013). Effect of processing treatments (frozen, frying) on contents of minerals in tissues of "frutti di mare." *International Journal of Food Science and Technology*, 48(2), 238–245. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03179.x>.
- De La Fuente-Betancourt, G., García-Carreño, F., Del Toro, M. D. L. Á. N., Pacheco-Aguilar, R., & Córdova-Murueta, J. H. (2008). Effect of storage at 0 °c on mantle proteins and functional properties of jumbo squid. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7), 1263–1270. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01602.x>.
- Dehghani, S., Hosseini, S. V., & Regenstein, J. M. (2017). Edible films and coatings in seafood preservation, a review. *Food Chemistry*, 240, 505–513. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.034>.
- Delgado, A. E., & Sun D-W. (2001). Heat and mass transfer for predicting freezing processes -A review. *Journal of Food Engineering* 47: 157-174. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00112-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00112-6).
- Dihort-García, G., Ocano-Higuera, V. M., Ezquerro-Brauer, J. M., Lugo-Sánchez, M. E., Pacheco-Aguilar, R., Barrales-Heredia, S. M., & Marquez-Rios, E. (2011). Producción y evaluación funcional de un concentrado proteico de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) obtenido mediante disolución alcalina. *CYTA - Journal of Food*, 9(3), 171–179. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.503905>.

- 
- Domingo, J. L. (2011). Influence of cooking processes on the concentrations of toxic metals and various organic environmental pollutants in food: a review of the published literature. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51(1):29–37. <https://doi.org/10.1080/10408390903044511>.
- Domingo, J. L., Bocio, A., Martí-Cid, R., & Llobet, J. M. (2006). Benefits and risks of fish consumption. *Toxicology*, 230(2–3), 227–233. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2006.11.059>.
- Duran, A., Erdemli, U., Karakaya, M., & Yilmaz, M. (2008). Effects of slaughter methods on physical, biochemical and microbiological quality of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and mirror carp *Cyprinus carpio* filleted in pre-, in- or post-rigor periods. *Fisheries Science*, 74(5), 1146–1156. <https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2008.01634.x>.
- Duyar, H., y Eke, E. (2009). Production and quality determination of marinade from different fish species. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 8: 270-275.
- Duysak, Ö., & Uğurlu, E. (2017). Metal accumulations in different tissues of cuttlefish (*Sepia officinalis* L., 1758) in the Eastern Mediterranean coasts of Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(10), 9614–9623. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8685-2>.
- Quinde-Rentería, E. D. (2021). “Consumo De Calamar Gigante (*Dosidicus Gigas*, D'Orbigny, 1835) En los Estudiantes De Ingeniería Pesquera De La Universidad Nacional De Piura, Piura – Perú - 2020”. Universidad Nacional De Piura. Escuela De Postgrado Sección De Postgrado En Ingeniería Industrial. Perú.
- EEC (1976). Council Regulation No 103/76 freshness ratings. *Off. J. Eur. Communities* No L 120.
- Eom, S. H., Lee, S. H., Chun, Y. G., Park, C. E., & Park, D. J. (2015). Softening of jumbo squid *Dosidicus gigas* via enzyme injection. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(2), 229–233. <https://doi.org/10.5657/FAS.2015.0229>.
- Erdem, N., Karakaya, M., Babaoğlu, A. S., & Unal, K. (2022). Effects of sous vide cooking on physicochemical, structural, and microbiological characteristics of cuttlefish, octopus, and squid. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. Páginas 636-648. <http://doi:10.1080/10498850.2022.2092433>.
- Eroski Consumer. (2005). Ciencia y tecnología de los alimentos. Disponible en: <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/ciencia-y-tecnologia/2005/07/20/19214.php/>.
- Ersoy, B., & Özeren, A. (2009). The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry*, 115(2), 419–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.12.018>.
- Espinoza-León, M. M. (2019). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Facultad De Ingeniería Pesquera. Escuela Profesional De Ingeniería Pesquera. Tesis Curado De Palometa (*Mylossoma Duriventre*) con inyección de salmuera envasada al vacío para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero.
- FAO. (2008). Fishstat Plus: Universal software for fishery statistical time series. Versión 2.32. Fisheries Department, Fishery Information, Data and Statistics Unit.

- FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032><http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007><http://www.fao.org/publications/es><http://www.fao.org/documents/card/es/c/cc0461es>.
- FAO/OMS. (2012) Codex Alimentarius: Código de prácticas para el Pescado y los Productos Pesqueros. Segunda edición. Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, FAO, 263p. Disponible en: [ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Practice\\_code\\_fish/CCFFP\\_2012\\_ES.pdf](ftp://ftp.fao.org/codex/Publications/Booklets/Practice_code_fish/CCFFP_2012_ES.pdf).
- Farfán, G., & Luz, C. (2022). "Proceso productivo de filete precocido congelado de *Dosidicus gigas* para exportación. Empresa "Productos Bethel S.A.C." Universidad Nacional De Frontera. Facultad De Ingeniería De Industrias Alimentarias Y Biotecnología. Escuela Profesional De Ingeniería De Industrias Alimentarias. Perú.
- Farraj, S. A., El-Gendy, A. H., Alyahya, H., & El-Hedeny, M. (2011). Heavy Metals Accumulation in the Mantle of the Common Cuttlefish *Sepia pharaonis* from the Arabian Gulf. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(6), 897–905. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=19918178&AN=65068739&h=UWM6H8J6OfwhbqFlgBP511+yzmsszg/K3N8iSZt6xk6VGYzkQnSZheCko5Sy6X+AtMX6BhWPvYTCnlGZCutbAA==&crl=c>.
- Field, J. 2008. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) invasions in the eastern Pacific Ocean. Symposium of the CalCOFI conference, 2007. CalCOFI Rep. 49: 79-81.
- Field, J. C. & K. A. Baltz. 2006. The jumbo squid, *Dosidicus gigas*, a new groundfish predator in the California Current?. The role of squid in open ocean ecosystems. Report of a GLOBEC-CLIoTOP/PFRP workshop, 16-17 November 2006, Honolulu, Hawaii, USA. 55-56.
- Field, J. C., Baltz, K., Jason-Phillips A., & Walker, W. A. (2007). Range expansion and trophic interactions of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California current. CalCOFI Rep. 48:131-146.
- Food and Drug Administration. (FDA) (2009). Capítulo 1 'Propósitos y definiciones. 2. Estados Unidos: Food and Drugs (FDA).
- Chapilliquén, M. F. (2020). "Evaluación Del Plus En Productos Congelados De Calamar Gigante (*Dosidicus Gigas*) En Planta Industrial Agropesca Del Perú S.A.C – Sullana. Universidad Nacional De Piura. Facultad De Ingeniería Pesquera. Escuela Profesional De Ingeniería Pesquera. Piura. Perú.
- Fuentes, V., Ventanas, J., Morcuende, D., Estévez, M., & Ventanas, S. (2010). Lipid and protein oxidation and sensory properties of vacuum-packaged dry-cured ham subjected to high hydrostatic pressure. Meat Science, 85, 506–514.
- Galitsopoulou, A., Georgantelis, D., & Kontominas, M. G. (2013). Effect of thermal processing and canning on cadmium and lead levels in California market squid: The role of metallothioneins. Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment, 30(11), 1900–1908. <https://doi.org/10.1080/19440049.2013.838324>.

- 
- Garcerant, I. (2019). El envase como protector de los atributos de calidad de alimentos. *Alimentos*, 27(47), 18-28. [https://acta.org.co/acta\\_sites/alimentos hoy/index.php/hoy/article/view/525/406](https://acta.org.co/acta_sites/alimentos hoy/index.php/hoy/article/view/525/406).
- García, I. E., Gago, C.L., & Fernández, N.J.L. (2006.). Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid. [www.madrid.org/edupubli](http://www.madrid.org/edupubli). [edupubli@madrid.org](mailto:edupubli@madrid.org).
- Garibay, M. G., Quintero, R., & López-Munguía, A. (2004). *Biología Alimentaria*. México: LIMUSA S.A.
- Garthwaite, G.A. (1997). Chilling and freezing of fish. Chapter 4. In: G.M. Hall (ed.), *Fish processing technology*. 2nd edn. Blackie Academic and Professional, London.
- Gilly, W.F., Markaida, U., Baxter, C. H., Block, B. A., Boustany, A., Zeidberg, L., Reisenbichler, K., Robison, B., Bazzino, G., & Salinas, C. (2006). Vertical and horizontal migrations by the squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. *Marine Ecology Progress Series* 324: 1-17. <https://doi.org/10.3354/meps324001>
- Gladieux, L., & Swail, W. (1998). Postsecondary education: Student success, not just access. *The Forgotten Half Revisited*, 101–114. Retrieved from [http://scholar.google.com/scholar?q=Gladieux+Swail&btnG=&hl=en&as\\_sdt=0%2C6#4](http://scholar.google.com/scholar?q=Gladieux+Swail&btnG=&hl=en&as_sdt=0%2C6#4).
- Gokoglu, N., Topuz, O. K., Yerlikaya, P., Yatmaz, H. A., & Ucak, I. (2018). Effects of freezing and frozen storage on protein functionality and texture of some cephalopod muscles. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(2), 211–218. <https://doi.org/10.1080/10498850.2017.1422168>.
- Gómez-Guillén, M. C., & Montero, P. (1997). Improvement of giant squid (*Dosidicus gigas*) muscle gelation by using gelling ingredients. *European Food Research and Technology*, 204(5), 379–384. <https://doi.org/10.1007/s002170050094>.
- Goswami, D. Y. (2010). Cryogenics in food processing. *International Journal of Food Engineering*, 6: 1-18.
- Grau, R., Albarracín, W., Toldrá, F., Antequera, T., & Barat, J. M. (2008). Study of salting and post-salting stages of fresh and thawed Iberian hams. *Meat Science*, 79(4), 677–682. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.034>.
- Guerra-Massón, G. G. (2007). Elaboración de salchichas de pescado. Retrieved from <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/710>.
- Guo, X., Chen, S., Hu, Y., Li, G., Liao, N., Ye, X., & Xue, C. (2014). Preparation of water-soluble melanin from squid ink using ultrasound-assisted degradation and its anti-oxidant activity. *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3680–3690. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-0937-7>.
- Has-Schön, E., Bogut, I., & Strelec, I., (2006). Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 50, 545–551.
- Hergenreder, J. E., Hosch, J. J., Varnold, K. A., Haack, A. L., Senaratne, L. S., Pokharel, S., Beauchamp, C., Lobaugh, B., & Calkins, C. R. (2013). The effects of freezing and thawing
-

- rates on tenderness, sensory quality, and retail display of beef subprimals. *J. Anim. Sci.* 91(1): 483–490. doi:10.2527/jas.2012-5223.
- Honikel, K. O., & Hamm, R. (1994). Measurement of waterholding capacity and juiciness. In *Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products*. Advances in Meat Research Series. Ed. Pearson A.M. y Dutson T.R. Vol. 9:125-161. 1994.
- Hurtado, S. L. (2014). “Elaboración de pasta untable a partir de recortes de porta (*Dosidicus gigas*) en envase ¼ club. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Pesquería. Lima-Perú.
- Huss, H.H. (1995) Quality and quality changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Paper N° 348, Roma, FAO, 203p.
- Huss, H.H. (1999). El pescado fresco su calidad y cambios de calidad. Documento técnico de pesca. Roma, Italia, FAO. 348 p.
- Ibarra León, L. R. (2006). Efectos Sobre La Calidad y Funcionalidad Del Músculo De Manto De Calamar Gigante (*Dosidicus Gigas*) Sometido Al Almacenamiento En Hielo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Bioquímico. México: Instituto Tecnológico de Tepic.
- Ichii, T., K. Mahapatra, T. Watanabe, A. Yatsu, D. Inagake & Okada. Y. (2002). Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 231: 151-166. <https://doi:10.3354/meps231151>.
- Iglesias, J., Sánchez, F. J., Otero, J. J., & Moxica, C. (2000). Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): present knowledge, problems and perspectives. *Cahiers Options Méditerranéennes* 47: 313-322.
- Informe cefalópodos abril. (2014). Mercado de los cefalópodos (2014). [mapa.gob.es](http://mapa.gob.es). Secretaría General de Pesca. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Informe del consumo alimentario en España. (2022). Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (2023). Secretaría General Técnica Centro de Publicaciones NIPO (publicación en línea): 003191619. <http://publicacionesoficiales.boe.es/>.
- Iniciarte, F., Moreno, F. (1991). Efecto de la temperatura y el tiempo sobre la calidad de pescado consumido en Maracaibo. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Zulia*, 1 (2).
- Instituto Nacional de Estadística (Encuesta Industrial de Productos). Encuesta industrial de productos. Año 2021 (CNAE-09). Elaboración y conservación de pescado y productos a base de pescado. Enlace: [http://www.ine.es/pls/eip09/p\\_eip\\_consulta\\_normal.consulta?v\\_opcion=1&v\\_anno=2008&v\\_datos=S04&v\\_idioma=s](http://www.ine.es/pls/eip09/p_eip_consulta_normal.consulta?v_opcion=1&v_anno=2008&v_datos=S04&v_idioma=s).
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/intox-2014-0009>.

- 
- Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*, 68, 167–182. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg032>.
- Jasper, W., & Placzek, R. (1980). *Conservación de la Carne por el Frío*. 1ª. Ed. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 131 pp.
- Jaturasitha, S., Srikanchai, T., & Kreuzer, M. (2008). Differences in Carcass and Meat Characteristics between Chicken Indigenous to Northern Thailand (Black-Boned and Thai Native) and Imported Extensive Breeds (Bresse and Rhode Island Red). *Poultry Science* 87: 160-169.
- Román, M. A. (2003). "Nuevos alimentos para nuevas necesidades". Universidad Complutense de Madrid. Servicio de Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. Conserjería de Sanidad. ISBN: 84-688-3619-2.
- Jiao, Y., Chen, J., Li, W., Liu, Y., Xin, C., & Yang, L. (2018). Trace elements concentrations in squids consumed in Shandong Province China and their associated risks to the human health. *Marine Pollution Bulletin*, 128(16997), 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.038>.
- Jinap, S., Ilya-Nur, A. R., Tang, S. C., Hajeb, P., Shahrin, K., & Khairunnisak, M. (2010). Sensory attributes of dishes containing shrimp paste with different concentrations of glutamate and 5'-nucleotides. *Appetite*, 55(2), 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.06.007>.
- Johnston, et al., (1994). Pathogen microorganisms and microbial toxins associated with muscle foods. En: Kinsman DM, Kotula AW, Breidestein BC. *Muscle foods meat, poultry and seafood technology*. USA: Chapman and Hall.
- Chumacero, F. (2016). "Elaboración Experimental De Snack A Partir De Pulpa De Calamar Gigante *Dosidicus Gigas* (D'Orbigny 1835)". Universidad Nacional De Piura Facultad De Ingeniería Pesquera Departamento Académico De Ingeniería Pesquera. Perú.
- Julie, K. N. (1999). Putting Knowledge to work processing tip. *Marination and Water-Holding capacity of Broiler Meat*.
- Jun-hui, X., Hui-juan, C., Bin, Z., & Hui, Y. (2020). The mechanistic effect of bromelain and papain on tenderization in jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle. *Food Research International*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.108991>.
- Kalogeropoulos, N., Karavoltos, S., Sakellari, A., Avramidou, S., Dassenakis, M., & Scoullou, M. (2012). Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10), 3702–3708. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.07.012>.
- Katsanidis, E. (2004). Impact of physical and chemical pre-treatments on texture of octopus (*Eledone moschata*). *Journal of Food Science*, 69(7), 264–267. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13626.x>.
- Kiani, H., & Sun, D-W. (2011). Water crystallization and its importance to freezing of foods: a review. *Trends in Food Science & Technology* 22: 407-426. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.04.011>.
-

- Kier, W. M. (2016). The musculature of coleoid cephalopod arms and tentacles. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 4(FEB), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fcell.2016.00010>.
- Kier, W. M. (2016). The musculature of coleoid cephalopod arms and tentacles. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 4(FEB), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fcell.2016.00010>.
- Kilinc, B., Cakli, S., Cadun, A., Dincer, T., & Tolasa, S. (2008). Chemical, microbiological, sensory and colour changes in warty venus (*Venus verrucosa*) flesh during marination. *Journal of Muscle Foods*, 19(4), 385–398. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2008.00124.x>.
- Kolodziejska, I., Sikorski, Z. E., & Sadowska, M. (1987). Texture of Cooked Mantle of *Squid Illex argentinus* as Influenced by Specimen Characteristics and Treatments. *Journal of Food Science*, 52(4), 932–935. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb14246.x>.
- Konno, K., & Fukazawa, C. (1993). Autolysis of Squid Mantle Muscle Protein as Affected by Storage Conditions and Inhibitors. *Journal of Food Science*, 58(6), 1198–1202. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1993.tb06147.x>.
- Konno, K., Young-Je, C., Yoshioka, T., Shinhho, P., & Seki, N. (2003). Thermal denaturation and autolysis profiles of myofibrillar proteins of mantle muscle of jumbo squid *Dosidicus gigas*. *Fisheries Science*, 69, 204–209.
- Kreuzer, R. (1984). Cephalopods: handling, processing and products. FAO Fisheries. Technical paper 254.
- Kugino, M., & Kugino, K. (1994). Microstructural and Rheological Properties of Cooked Squid Mantle. *Journal of Food Science*, 59(4), 792–796. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08129.x>.
- Kugino, M., Kugino, K., & Ogawa, T. (1997). Changes in Microstructure and Rheological Properties of Squid Mantle during Storage. *Food Science and Technology International*, Tokyo, 3(2), 157–162. <https://doi.org/10.3136/fsti9596t9798.3.157>.
- Kuwahara, K., Osako, K., Okamoto, A., & Konno, K. (2006). Solubilization of myofibrils and inhibition of autolysis of squid mantle muscle by sodium citrate. *Journal of Food Science*, 71(6). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00112.x>.
- Lagares, J. (2004). A comparative analysis of a quality and utility of ll and bf muscles of porkers of different genotype to massaged products. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Food Science and Technology*, Volume 9, Issue 4. <http://www.ejpau.media.pl/volume9/issue4/art-13.html>.
- Lanier, T. C., Carvajal, P., & Yongsawatdigul, J. (2005). Surimi gelation chemistry. *Surimi and surimi seafood 2ed.*, 436-477.
- Lavaniegos, B. E., Jiménez-Pérez L. C., & Gaxiola-Castro, G. (2002). Plankton response to El Niño 1997-1998 and La Niña 1999 in the southern region of the California Current. *Prog. Ocean*, 54: 33 - 58. [https://doi.org/10.1016/S0079-6611\(02\)00042-3](https://doi.org/10.1016/S0079-6611(02)00042-3).
- Leblanc, J. (1987). Approaches to the study of nucleotide catabolism for fish freshness evaluation. M. Se. Thesis, Technical University of Nova Scotia, Halifax.

- 
- Leblanc, J. C., Guérin, T., Noël, L., Calamassi-Tran, G., Volatier, J. L., & Verger, P. (2005). Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1st French Total Diet Study. *Food Additives and Contaminants*, 22(7), 624–641. <https://doi.org/10.1080/02652030500135367>.
- Leelapongwattana, K., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Howell, N. K. (2008). Effect of some additives on the inhibition of lizardfish Trimethylamine-N-oxide demethylase and frozen storage stability on minced flesh. *International Journal of Food Science and Technology* 43:448-455. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01466.x>.
- Lema, O. M. (2010). “Elaboración de Salchicha Vienesas con la utilización de diferentes niveles de Glutamato Monosódico (0.2, 0.4 y 0.6%) como potenciador de sabor”. Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de ciencias pecuarias Escuela de ingeniería en industrias pecuarias. Riobamba. Ecuador.
- Lida, H., Nakamura, K., & Tokunaga, T. (1992). Non protein nitrogenous compounds in muscle extract of oceanic cephalopods. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 58: 2383-2390.
- Lin, W. L., Zeng, Q. X., Zhu, Z. W., & Song, G. S. (2012). Relation between protein characteristics and tpa texture characteristics of crisp grass carp (*Ctenopharyngodon idellus* C. et V) and grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*). *Journal of Texture Studies*, 43(1), 1–11. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00311.x>.
- Llobet, J. M., Falcó, G., Casas, C., Teixidó, A., & Domingo, J. L. (2003). Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(3), 838–842. <https://doi.org/10.1021/jf020734q>.
- López-Alonso, R., Torres-Zapata, T., & Antolín-Giraldo, G. (2004). Tecnología de Envasado y conservación de alimentos. Laboratorio de Procesos Químicos de CARTIF. <http://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/Envasado%20y%20Conservacion%20de%20Alimentos%20%281%29.pdf>.
- Maluly, H. D., Ariseto-Bragotto A. P., & Reyes, F. G. R. (2017). Monosodium glutamate as a tool to reduce sodium in foodstuffs: Technological and safety aspects. In *Food Science and Nutrition* (Vol. 5, Issue 6, pp. 1039–1048). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/fsn3.499>.
- Mancini, R. A., Hunt, M. C., Seyfert, M., Kropf, D. H., Hachmeister, K. A., Herald, T. J., & Johnson, D. E. (2007). Comparison of ascorbic acid and sodium erythorbate: Effects on the 24h display colour of beef lumbar vertebrae and longissimus lumborum packaged in high-oxygen modified atmospheres. *Meat Sci.* 2007, 75, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.06.012>.
- Mariátegui, L., & Taipe, A. (1996). Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú.* 34: 3-27. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1185>.
- Cruz-Ortega, M. B. (2022). “Eficiencia De Los Aditivos Alimentarios Novogigas LC Y Acuatic II como reductores De acidez en Tentáculos de Calamar Gigante (*Dosidicus gigas*)”. Universidad Nacional De Piura Facultad De Ingeniería Pesquera Escuela Profesional De Ingeniería Pesquera. Perú.
-

- Markaida, U., & Sosa-Nishizaki, O. (2001). Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fish. Res.* 54: 63-82. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00373-3](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00373-3).
- Markaida, U., Quiñónez-Velázquez, C., & Sosa-Nishizaki, O. (2004). Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research*, 66(1), 31-47. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00184-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00184-X).
- Martínez, N. (2004). Evaluación de cuatro niveles (1.25, 2.5, 3.75 y 5%) de fécula de maíz en la elaboración de salchicha vienesa. Tesis de grado. Facultad de ciencias Pecuarias-ESPOCH. Riobamba-Ecuador.
- Martínez-Aguilar, S., Moráles-Bojórquez, M., Díaz-Uribe, J. G., Suárez- Higuera, M. C., & Hernández-Herrera, A. (2004). La pesquería del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California. Recomendaciones de investigación y tácticas de regulación. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 77 p.
- Maza, S. (2010) Capítulo 1: Presencia del cloruro de amonio en el calamar gigante. Introducción. <http://www.mailxmail.com/curso-presencia-cloruro-amonio-calamar-gigante/presencia-cloruro-amonio-calamar-gigante-introducción>.
- Maza, S., Rosales, M., & Castro, R. (2003). Efecto de un proceso de lixiviación ácida salina sobre la calidad del surimi de *Dosidicus gigas* "pota". *Boletín de Investigaciones del Ins. Tec. Pes. Perú.* Vol. 5: 81-88. <http://repositorio.itp.gob.pe/handle/ITP/103>.
- Maza, S., Solari, A., & Albrecht, M. (2007). Reducción de la intensidad del sabor ácido amargo de la pota mediante lavados con soluciones ácidas y neutralizantes. *Boletín de Investigaciones del Ins. Tec. Pes. Perú.* Vol. 8: 23-29. <http://repositorio.itp.gob.pe/handle/ITP/27>.
- McArdle, R., Marcos, B., Kerry, J. P., & Mullen, A. (2010). Monitoring the effects of high pressure processing and temperature on selected beef quality attributes. *Meat Science*, 86(3), 629-634. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.001>.
- Meade, S. J., Reid, E. A., & Gerrard, J. A. (2005). The impact of processing on the nutritional quality of food proteins. *Journal of AOAC International*, 88(3), 904-922. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.3.904>.
- Mejía, J.L. (2003) Envasado en atmósfera modificada. *Boletín del Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación*, 18, pág. 24-29.
- Mejía-Rebollo, A., Quiñónez-Velázquez, C., Salinas-Zavala C.A., & Markaida U. (2008). Age, growth and maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) off the western coast of the Baja California Peninsula. *CalCOFI Rep.* 49: 256-262.
- Melendo, J. A., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (1997). Tenderization of squid (*Loligo vulgaris* and *Illex coindetii*) with bromelain and a bovine spleen lysosomal-enriched extract. *Food Research International*, 30(5), 335-341. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(97\)00057-4](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(97)00057-4).

- 
- Mendil, D., & Uluözlü, Ö. D. (2007). Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. *Food Chemistry*, 101(2), 739–745. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.01.050>.
- Meyer, V. (1978). *El pescado y los productos de pesca*. Zaragoza, España: Ed. Acribia. S.A 342 p.
- MINCETUR. (2016). "Pota Peruana en el mercado español". Ministerio de Comercio Exterior y turismo de Perú.
- Mira, J. (1998). *Compendio de Ciencia y Tecnología de la Carne*, Editorial documento Spoch, Riobamba, EC, pp. 120.130.
- Molina-García, A., Otero, L., Martino, M. N., Zaritzky, N. E., Arabas, J., Szczeppek, J., & Sanz P. D. (2004). Ice vi freezing of meat: Supercooling and ultrastructural studies. *Meat Science* 66: 709-718. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.07.003>.
- Montoya, T., & Miano, A. (2011). Influencia de la concentración de cloruro de sodio y de extracto de corazón de piña (*Ananas comosus* – var roja trujillana) inyectados como solución en la textura (resistencia a la penetración) y capacidad de retención de agua (CRA) en carne de vacuno. Peru. <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/103/114>.
- Morales, G., Blanco, L., Arias, L., & Chaves, C. (2004). Evaluación de la calidad bacteriológica de tilapia fresca (*Oreochromis niloticus*) proveniente de la Zona Norte de Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(4): 433-437.
- Morales-Bojorquez, E. (2002). Comments about the relationship between temperature and giant squid catches. *Cienc. Mar.* 28(2), 211– 221. <https://doi.org/10.7773/cm.v28i2.212>.
- Morales-Bojórquez, E., & Hernández-Herrera, A. (2006). Fishery biology of the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*, in the Eastern. *Investigación pesquera* 79. 13-15.
- Morillo, M. N., Finol, R. M., Valero, L. K., & Soto, C. A. (2004). Evaluación bacteriológica y organoléptica en dos especies de pescado del lago de Maracaibo, Venezuela. *Veterinaria Trop.*, 29-30 (1 y 2): 61- 82.
- Muñoz-Rosique, B., & Tejada-Portero, L. (2022). Desarrollo de nuevos jamones curados deshuesados reducidos en sodio. Efecto de la raza y evaluación de la bioactividad de sus péptidos.
- Murguía, A. (2015). "Tratamiento de la acidez en rejos de calamar gigante *Dosidicus gigas*, Orbigny, 1835 (*Cephalopoda: Ommastrephidae*) Utilizando el aditivo comercial Altesa ABC2D". Universidad Nacional de Piura, Piura.
- Na, S., Kim, J. H., Jang, H. J., Park, H. J., & Oh, S. W. (2018). Shelf life extension of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using chitosan and  $\epsilon$ -polylysine during cold storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 115, 1103–1108. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio mac.2018.04.180>.
- Nagai, T., Fukuma, T., Nakatsu, S., Shibata, K., & Sakamoto, K. (2011). Softening of fish meat and changes of muscle protein by freeze-thaw enzyme infusion. *Nippon Suisan Gakkaishi* 77, 402-408.
-

- Nagashima, Y., Ebina, H., Nagai, T., Tanaka, M., & Taguchi, T. (1992). Proteolysis Affects Thermal Gelation of Squid Mantle Muscle. *Journal of Food Science*, 57(4), 916–916. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb14322.x>.
- Nagodawithana, T. (1994). Flavor Enhancers: Their Probable Mode of Action. *Food Tech* 1994; 48: 79-85.
- Nesvadba, P. (2008). Thermal Properties and Ice Crystal Development in Frozen Foods. *Frozen Food Science and Technology*, 1-25. DOI: 10.1002/9781444302325.
- Nevárez-Martínez, M. O., Rivera-Parra, G.I., & Morales-Bojórquez, E. (2006). The Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) Fishery of the Gulf of California and its Relation to Environmental Variability. *Invest. Mar* .30(1):193-194. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71782002030100082>.
- Nigmatullin, Ch. M., Nesis, K. N., & Arkhipkin, A. I. (2001). Una Revisión de la Biología de la Pota *Dosidicus gigas*. *Fisheries Research*, Vol 54: 9- 19 p.
- Noguera, F., Gigante, S., Menoni, C., Aude, I., Montero, D., & Peña, N. (2018). Principios de la preparación de alimentos. <https://www.cse.udelar.edu.uy/wp-content/uploads/2018/12/Principios-de-la-preparacio%CC%81n-de-alimentos-Noguera-2018.pdf>.
- Norman, M. D., Finn, J., & Tregenza, T. (2001). Dynamic mimicry in an Indo-Malayan octopus. *Proceedings of the Royal Society B*, 268 (1478), 1755–1758. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1708>.
- Nychas, G., Skandamis, P., Tassou, C., & Koutsoumanis. K. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science* 78: 77-89. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.02>.
- Oannes. (2006). Seminario de pesca y acuicultura: Preguntas frecuentes, [http://www.oannesmar.org/seminario/2006\\_pescayacuicultura/preguntasfrecuentes.htm](http://www.oannesmar.org/seminario/2006_pescayacuicultura/preguntasfrecuentes.htm).
- Olivares, J.I. (2018). “Aplicación de campos eléctricos moderados y microperforación láser-CO2 para la aceleración del proceso de salado de salmón atlántico (*Salmo salar*)”. Tesis de pregrado. Univ. Técnica Federico Santa María. 67pp.
- Otwell, W. S., & Hamann, D. D. (1979). Textural Characterization on of Squid (*Loligo pealei* L.): instrumental and panel evaluations. *Journal of Food Science*, 44(6), 1636–1643. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb09105.x>.
- Ouédraogo, O., & Amyot, M. (2011). Effects of various cooking methods and food components on bioaccessibility of mercury from fish. *Environmental Research*, 111(8), 1064–1069. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.09.018>.
- Pan, B., & James, D. (1985). Histamine in marine products: production of bacteria, measurement and prediction of formation. *FAO Fish. Tech. Pap.* Vol. 252. 62 p.
- González, P., & Chong, J. (2006). “Biología Reproductiva De *Dosidicus Gigas* D’orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) En La Zona Norte-Centro De Chile. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. ISSN 0717-652X. *Gayana* 70(2): 237-244, 2006.

- 
- Paredes, L., Fernández, C. N., & Zavaleta, A. I. (2017). Optimization of medium composition for extracellular proteases production by *Pseudomonas sp.* Rev. Soc. Quím Perú, 83(4), 449–462.
- Park, J. (1994). Aditivos funcionales de proteínas en geles de surimi. Pág. 525 – 527. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05554.x>.
- Pastorelli, A. A., Baldini, M., Stacchini, P., Baldini, G., Morelli, S., Sagratella, E., & Ciardullo, S. (2012). Human exposure to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption in Italy: a pilot evaluation. Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment, 29(12), 1913–1921. <https://doi.org/10.1080/19440049.2012.719644>.
- Pastoriza, L., Sampedro, G., Herrera, J.J., & Cabo, M. (1998). Influence of sodium chloride and modified atmosphere packaging on microbiological, chemical and sensory properties in ice storage of sliced of hake (*Merluccius merluccius*). Food Chem, 61: 23-28.
- Pearson, A., & Gillett, T. 1996. Processed Meats. 3 ed. Chapman & Hall. United States of America. 438 p.
- Pedraza-Maquera, K. (2021). Trastornos del gusto como indicador de enfermedad sistémica. Vol. 5 Núm. 2 (2021): Revista Odontológica Basadrina, 5(2), 52–60. <https://doi.org/10.33326/26644649.2021.5.2.1197>.
- Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J. M., & Domingo, J. L. (2008). Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56(23), 11262–11269. <https://doi.org/10.1021/jf802411q>.
- Puértolas, E., Luengo, E., Álvarez, I., & Raso, J. (2012). Improving mass transfer to soften tissues by pulsed electric fields: Fundamentals and applications. Annual Review of Food Science and Technology, 3(1), 263–282. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022811-101208>.
- Purizaca-García, L. K. (2012). “Efecto de Dosiplus y Carnal 659 S sobre la acidez de anillas de *Dosidicus gigas* (D’Orbigny 1835)”. Universidad Nacional De Tumbes Facultad De Ingeniería Pesquera. Tumbes. Perú.
- Purlis, E., & Salvadori, V. O. (2007). Bread browning kinetics during baking. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1107–1115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.09.007>.
- Quispe, C. (2021). “Elaboración De Conservas De Trozos De Pota (*Dosidicus Gigas*) Ahumada En Salsa De Tomate”. Lima. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4799/quispe-cisneros-cristal-rufina.pdf?Sequence=1&isAllowed=y>.
- Rafael, J., Salomon, E., Rafael, J., & Salomon, E. (2018). Cambios estructurales en las proteínas del tejido conectivo del manto, aletas y tentáculos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) durante su almacenamiento en hielo. TESIS Universidad de Sonora Universidad de Sonora, 34–36.
-

- Raman, M., & Mathew, S. (2015). Physiochemical and Textural Alterations in Indian Squid (*Loligo duvaucei*) Mantle during Frozen Storage and Cooking. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(5), 454–467. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.787661>.
- Ramírez, F. (2019). La papaína y su potencial como producto de valor agregado en Costa Rica. University of Chemistry and Technology, Prague. 16 pp.
- Ramírez-Olivas, R., Rouzaud-Sáñez, O., Haard, N. F., Pacheco-Aguilar, R., & Ezquerro Brauer, J. M. (2004). Changes in firmness and thermal behavior of ice-stored muscle of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *European Food Research and Technology*, 219(4), 312–315. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-0991-5>.
- Benítez, R., & Mishell, E. (2021). “Obtención de colágeno hidrolizado mediante la reacción enzimática con bromelina sobre gelatina”. Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura. Ingeniería en Biotecnología.
- Razcon-Zavala, J. E., & Tapia-Vasquez, A. E. (2015). “Cambios estructurales en las proteínas del tejido conectivo del manto, aletas y tentáculos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) durante su almacenamiento en hielo. Universidad de Sonora. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento de Ciencias Químico Biológicas.
- Real Decreto 1334/1999, de 31 de Julio de 1999, por el que se aprueba la Norma General de Etiquetado, Presentación y Publicidad de los Productos Alimenticios. Transpone la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de marzo de 2000.
- Real Decreto 1437/1992, de 27 de noviembre de 1992, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a la producción y comercialización para los productos pesqueros y de la acuicultura. Transpone la Directiva del Consejo 91/493/CEE, de 22 de julio de 1991.
- Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre de 2003, sobre seguridad general de los productos. Transpone la Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de diciembre de 2001.
- Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero de 2000, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.
- Real Decreto 2069/1993, de 26 de noviembre de 1993, por el que se fijan las normas sanitarias aplicables a los productos de la pesca a bordo de determinados buques pesqueros. Transpone la Directiva del Consejo 92/48/CEE, de 16 de junio de 1992.
- Real Decreto 2207/1995, de 28 de diciembre de 1995, por el que se establece las normas de higiene relativas a los productos alimenticios. A través de este Decreto se transpone la Directiva 93/43/CEE, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios.
- Real Decreto 571/1999, de 9 de abril de 1999, por el que se aprueba la reglamentación técnico-sanitaria que fija las normas aplicables a la producción y comercialización de moluscos bivalvos vivos. Transpone la Directiva 91/492/CEE del Consejo de 15 de julio de 1991.
- Real Decreto 709/2002, de 19 de julio, por el que se aprueba el Estatuto de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria.

---

Real Decreto 930/1992, de 17 de Julio de 1992, por el que se aprueba la Norma de etiquetado sobre propiedades nutritivas de los productos alimenticios. Transpone la Directiva 90/496/CEE del Consejo, de 24 de septiembre de 1990.

Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) no 1924/2006 y (CE) no 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) no 608/2004 de la Comisión.

Reglamento n° 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. Este Reglamento deroga la Directiva 93/43/CEE del Consejo, de 14 de junio de 1993, relativa a la higiene de los productos alimenticios.

Reglamento n° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

Reglamento n° 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen las disposiciones para la organización de los controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano.

Reynolds, J., Park, J. W., & Choi, Y. J. (2006). Physicochemical properties of Pacific whiting surimi as affected by various freezing and storage conditions. *Journal of food science*, 67(6), 2072-2078. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09503.x>.

Rivera, A. (2020). "Proceso de congelado y pre-cocido de cefalópodo de pota (*Dosidicus gigas*) para la planta Inversiones Perú Pacífico S.A. – Lima" Informe por servicios profesionales. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de procesos – Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12532>.

Rodhouse, P. (2008). Large-scale range expansion and variability in ommastrephid squid populations: a review of environmental links. *CalCOFI Rep.* 49: 83-89.

Rodhouse, P. G. (2001). Managing and forecasting Squid fisheries in variable environments. *Fisheries Research*, 54(1), 3–8. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(01\)00370-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(01)00370-8).

Rodríguez, J. (2005). Técnicas de Envasado, Etiquetado, Empaquetado y Almacenado. Guía Práctica para Elaborador de productos Cárnicos. Vigo.

Rodríguez, L. M., & Hernández, L. G. (2006). Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación*, julio-diciembre, año/vol. 6, número 002 Universidad La Salle Bogotá, Colombia pp. 179-187.

- Rodríguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J.M., & Diaz, O. (2011). Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chem.* 2011, 128, 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.026>.
- Romero-López, K. (2014). “Desarrollo de una película comestible a base de goma de mezquite, carboximetilcelulosa de sodio y proteína de suero de leche para conservación de productos cocinados de pollo y cerdo”. Universidad autónoma del estado de México facultad de química.
- Rubio, M. (1992). Parámetros que definen la calidad de la carne. XVII Jornada Científica, (pág. 19). Salamanca.
- Ruiz-Capillas, C., Moral, A., Morales, J., & Montero, P. (2002). The effect of frozen storage on the functional properties of the muscle of volador (*Illex coindettii*). *Food Chemistry*, 78(2), 149–156. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00392-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00392-2).
- Salazar, C. M. (1997). Informe Interno. Programa de Cooperación Técnica para la pesca C.E.E. VECEP ALA 92/43. Callao Lima Perú.
- Salazar, C. M., Giampietri, L., Alarcón, J., & Thorne, D. (2018). Lineamientos para adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante o pota *Dosidicus gigas*. *Bol. Inst. Mar Perú*, 33(2), 266–284. Retrieved from <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3241>.
- Sallam, K. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food Control*, 18: 566 – 575. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.02.002>
- Salvatierra, I. (2019). Manual conservación de alimentos. Recuperado de [http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/profesor/Gastronomia/Manuales/Manual\\_Conservacion\\_de\\_Alimentos .pdf](http://www.inacap.cl/web/material-apoyo-cedem/profesor/Gastronomia/Manuales/Manual_Conservacion_de_Alimentos.pdf).
- Sammic, S.L. (2019). Envasado al vacío (Nociones Básicas). Versión 1. Disponible en: <file:///D:/Users/Lady/Downloads/catalogos-enzasado-al-vacio-nociones-basicas-espanol.pdf>.
- Sánchez, G. (2002). Identification and characterization of the off-flavor in mantle muscle of Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) from the Gulf of California. *Journal of Aquatic Food Product Technology*.13, 55-66.
- Sánchez-Escalante, A., Torrescano-Urrutia, G.R., Camou-Arriola, J.P., González-Méndez, N.F., & Hernández-Watanabe, G. (2008) Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. *Nacameh* 2(2): 124-159.
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos-López, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E., & Regalado, C. (2014). Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *Scientific World Journal*, 2014, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2014/248935>.
- Sández, M., Fernández, S., & Gistau, R. (2021). Materiales y objetos en contacto con los alimentos: aspectos legales y de seguridad alimentaria. Departamento de Producción Animal y

---

Ciencia de los Alimentos, Área de Nutrición y Bromatología. Zaragoza: Trabajo de fin de grado en ciencias y tecnología de los alimentos de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/108063/files/TAZ-TFG-2021-3621.pdf>.

- Sano, C. (2009). History of glutamate production. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 728–732. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2009.27462F>.
- Sen, A.R., & Karim, S. A. (2003). Effect of meat particle size on quality attributes of estructured mutton steaks. *Journal of Food Science and Technology*, 40, p 423–425.
- Shamim, G., Ranjan, S. K., Pandey, D. M., & Ramani, R. (2014). Biochemistry and biosynthesis of insect pigments. In *European Journal of Entomology* (Vol. 111, Issue 2, pp. 149–164). Czech Academy of Sciences. <https://doi.org/10.14411/eje.2014.021>.
- Shanks, B. C., Wulf, D. M., & Maddock, R. J. (2002). Technical note: The effect of freezing on warner-bratzler shear force values of beef longissimus steaks across several post-mortem aging periods. *J. Anim. Sci.* 80: 2122–2125. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.8.2122>.
- Sheard, P., & Tali, A. (2004). Injection of salt, tripolyphosphate and bicarbonate marinade solutions to improve the yield and tenderness of cooked pork loin. *Meat Science*, 68: 305–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.03.012>.
- Silva, A. G., Hern, A. B., & Agr, E. (2013). Efectos de parámetros de procesamiento y formulación en las características físicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de carne de cerdo reestructurada con transglutaminasa. Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.
- Singh, K. J., & Roos, Y. H. (2005). Frozen state transitions of sucrose–protein–cornstarch mixtures. *Journal of Food Science* 70; 198–204. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb07136.x>.
- Smith, A. H., Lingas, E. O., & Rahman, M. (2000). Contamination of Drinking Water by Arsenic in Bangladesh: A Public Health Emergency. *Bulletin of the World Health Organization* 78. World Health Organization. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(August 2016), 1093. <https://doi.org/10.1590/S0042-96862000000900005>.
- Soares, N., Silva, P., Barbosa, C., Pinheiro, R., & Vicente, A. A. (2017). Comparing the effects of glazing and chitosan-based coating applied on frozen salmon on its organoleptic and physicochemical characteristics over six-months storage. *Journal of Food Engineering*, 194, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.07.021>.
- Socorro, J., Roo, J., Fernández-López, A., Guirao, R., Reyes, T., & Fernández-Palacios, H. (2005). Engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*) alimentado exclusivamente con boga (*Boops boops*) de descarte de la acuicultura. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr*, 21(4), 189–194. <http://hdl.handle.net/10553/1792>.
- Solé, M. A. (2006). Efecto de tres métodos de aplicación de salmuera sobre las cualidades sensoriales y físicas de un jamón.
- Storelli, M. M. (2008). Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*, 46(8), 2782–2788. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.05.011>.

- Storelli, M. M., Barone, G., & Marcotrigiano, G. O. (2005). Cadmium in cephalopod molluscs: implications for public health. *Journal of Food Protection*, 68(3), 577–580. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-68.3.577>.
- Storelli, M. M., Normanno, G., Barone, G., Dambrosio, A., Errico, L., Garofalo, R., & Giacomini-Stuffler, R. (2012). Toxic Metals (Hg, Cd, and Pb) in Fishery Products Imported into Italy: Suitability for Human Consumption. *Journal of Food Protection*, 75(1), 189–194. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-11-212>.
- Suárez, H., Pardo, S. & Cortés, M. (2008). Calidad fisicoquímica y atributos sensoriales de filetes sajados biopreservados de cachama, empacados al vacío bajo refrigeración. *Revista Colombiana Ciencias Pecuarias*, 21: 330-319.
- Sun, Q., Sun, F., Xia, X., Xu, H., & Kong, B. (2019). The comparison of ultrasound-assisted immersion freezing, air freezing and immersion freezing on the muscle quality and physicochemical properties of common carp (*Cyprinus carpio*) during freezing storage. *Ultrason. Sonochemistry*, 2019, 51, 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.006>.
- Sung-Hwan, E., Sang-Hoon, L., Yong-Gi, C., Chan-Eun, P., & Dong-June, P. (2015). Softening of jumbo squid *Dosidicus gigas* via enzyme injection. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(2), 229–233. <https://doi.org/10.5657/FAS.2015.0229>.
- Tan, M., Li, P., Yu, W., Wang, J., & Xie, J. (2019). Effects of glazing with preservatives on the quality changes of squid during frozen storage. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(18). <https://doi.org/10.3390/app9183847>.
- Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., & Fabre, R. (2004). Estudio de mermas por descongelación en filetes de pollo. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, vol. XV, núm. 28, mayo, 2004, pp. 203-213. Universidad Nacional de Entre Ríos, Concepción del Uruguay, Argentina.
- Thanonkaew, A., Benjakul, S., & Visessanguan, W. (2006). Chemical composition and thermal property of cuttlefish (*Sepia pharaonis*) muscle. *J. Food Compos. Anal.* 2006, 19, 127–133. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.008>.
- Theron, M. M., & Lues, J. F. R. (2007). Organic acids and meat preservation: A review. In *Food Reviews International* (Vol. 23, Issue 2, pp. 141–158). <https://doi.org/10.1080/87559120701224964>.
- Tomé, E., Iglesias, M., Kodaira, M., & González, A. (2000). Efecto de la temperatura de almacenamiento en el rigor mortis y en la estabilidad de la tilapia (*Oreochromis spp.*) cultivada. *Rev. Científica, FCV-LUZ*. 10(4): 339-345.
- Torrejón, P., del Mazo, M. L., Tejada, M., & Careche, M. (1999). Aggregation of minced hake during frozen storage. *European Food Research and Technology*, 209(3), 209-214.
- Torres-Arreola, W., Ocaño-Higuera, V.M., Ezquerro-Brauer, J.M., López-Corona, B.E., Rodríguez-Félix, F., Castro-Longoria, R., & Ramírez-Guerra, H.E., (2017). Effect of cooking on physicochemical and structural properties of Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*) muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), (e13528). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13528>.

- 
- Torres-Arreola, W., Pacheco-Aguilar, R., Sotelo-Mundo, R. R., Rouzaud-Sández, O., & Ezquerra-Brauer, J. M. (2008). Partial characterization of collagen from mantle, fin, and arms of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6(2), 101–108. <https://doi.org/10.1080/11358120809487634>.
- Toyes-Vargas, E., Robles-Romo, A., Méndez, L., Palacios, E., & Civera, R. (2016). Changes in fatty acids, sterols, pigments, lipid classes, and heavy metals of cooked or dried meals, compared to fresh marine by-products. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 195–205. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.09.004>.
- Tuñón, E., Parada, A., Caeiro, C., & Rey-Méndez, M. (2001). Estudio comparativo basado en la dieta diferenciada para el engorde de pulpo *Octopus vulgaris*, Cuvier 1797; en una explotación industrial. En: IV Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas. (10-11 de octubre, 2001. O Grove, A Coruña). M. Rey-Méndez, J. Fernández Casal y M. Izquierdo Rodríguez (eds.): 255-269. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela (A Coruña), España.
- Umaña, C. E. (2007). Conservación de alimentos por frío. Refrigeración/Congelamiento. Fundación para la innovación tecnológica agropecuaria.
- Valencia-Pérez, A. Z., García-Morales, M. H., Cárdenas-López, J. L., Herrera-Urbina, J. R., Rouzaud-Sández, O., & Ezquerra-Brauer, J. M. (2008). Effect of thermal process on connective tissue from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) mantle. *Food Chemistry*, 107(4), 1371–1378. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.060>.
- Vanhaecke, L., Verbeke, W., & De Brabander, H. F. (2010). Glazing of frozen fish: Analytical and economic challenges. *Analytica Chimica Acta* 672: 40-44. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2010.03.045>.
- Vela, L., Álvarez, G., Cossio, J., Helguero, B., Martínez, M., & Santa Cruz, R. (2014). Diagnóstico Estratégico del Sector Pesquero Peruano. Obtenido de <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/pesca-peru.pdf?noCache=1396567782720>.
- Vidaurre-Ruíz, J. (2012). Plank's 1.0 v. Predicción del tiempo de congelación de los alimentos. Teach Food Engineering. Disponible en: <https://sites.google.com/site/jmvidaurruiz/congelacion>.
- Vilizzi, L., & Tarkan, A. S. (2016). Bioaccumulation of metals in common carp (*Cyprinus carpio* L.) from water bodies of Anatolia (Turkey): a review with implications for fisheries and human food consumption. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5248-9>.
- Waluda, C., & P. Rodhouse. (2006). Remotely sensed mesoscale oceanography of the Central Eastern Pacific and recruitment variability in *Dosidicus gigas*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 310: 25-32. <http://doi:10.3354/meps310025>.
- Williams, T. L., DiBona, C. W., Dinneen, S. R., Jones Labadie, S. F., Chu, F., & Deravi, L. F. (2016). Contributions of Phenoxazone-Based Pigments to the Structure and Function of Nanostructured Granules in Squid Chromatophores. *Langmuir*, 32(15), 3754–3759. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.6b00243>.
-

- 
- Xargayó, M., Lagares, J., Fernández, E., Borrell, D., & Juncà, G. (2004) Marinado por efecto "spray": una solución definitiva para mejorar la textura de la carne.
- Yam, V. W. W., Ko, C. C., & Zhu, N. (2004). Photochromic and luminescence switching properties of a versatile diarylethene-containing 1,10-phenanthroline ligand and its rhenium(I) complex. *Journal of the American Chemical Society*, 126(40), 12734–12735. <https://doi.org/10.1021/ja047446q>.
- Ylikantola, A., Linnanto, J., Knuutinen, J., Oravilahti, A., & Toivakka, M. (2013). Molecular modeling studies of interactions between sodium polyacrylate polymer and calcite surface. *Appl. Surf. Sci.* 2013, 276, 43–52. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.122>.
- Younis, A. M., Amin, H. F., Alkaladi, A., & Mosleh, Y. Y. I. (2015). Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish, Squids and Crustaceans from the Red Sea, Jeddah Coast, Saudi Arabia. *Open Journal of Marine Science*, 05(04), 369–378. <https://doi.org/10.4236/ojms.2015.54030>.
- Yu, T. Y., Morton, J. D., Clerens, S., & Dyer, J. M. (2017). Cooking-Induced Protein Modifications in Meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 141–159. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>.
- Yüksel-Genc, I., Esteves, E., Anibal, J., & Diler, A. (2013). Effects of chilled storage on quality of vacuum packed meagre fillets. *Journal of Food Engineering*, 115:486-494.
- Zenaida, M. A., & Mendoza, M. F. (2022) Universidad Nacional José María Arguedas Facultad De Ingeniería Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial.
- Zhang, B., Ma, L. K., Deng, S. G., Xie, C., & Qiu, X. H. (2015). Shelf-life of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) as affected by weakly acidic electrolyzed water ice-glazing and modified atmosphere pack- aging. *Food Control*, 51, 114–121. <https://doi.org/10.1080/19476337.2015.1040459>.
- Zhou, G. H., Xu, X. L., & Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science* 86: 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.03>.
- Zhou, Y. G., & Fu, G. P. (2009). The character and applications of edible sodium polyacrylate. *China Food Addit.* 1, 114–117.
- Žoldoš, P., Popelka, P., Marcinčák, S., Nagy, J., Mesarčová, L., Pipová, M., & Mal'a, P. (2011). The effect of glaze on the quality of frozen stored Alaska Pollack (*Theragra chalcogramma*) fillets under stable and unstable conditions. *Acta Veterinaria Brno*, 80(3), 299–304. <https://doi.org/10.2754/avb201180030299>.

---

## **10. ANEXOS**

---

RESEARCH ARTICLE

# Mineral composition of raw and marinated-cooked arms from Pacific giant squid (*Dosidicus gigas*)

Faustina Fernández, Celia Lucas, Sancho Bañón\*

Department of Food Science and Technology and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, University of Murcia, Murcia, 30100, Spain

## ABSTRACT

**Background/aim:** Shellfish consumption is often perceived as a potential health hazard due to the accumulation of toxic metals. The mineral content was investigated in marinated-cooked giant squid (*Dosidicus gigas*) arms from three Eastern Pacific fisheries (Peru, Chile and Benthic) to elucidate their contribution to daily recommended intakes and possible presence of pollutants. **Material and methods:** Thirty macro- and microminerals were analysed in the raw material, marination solution, cooking broth and cooked product. **Results:** Both raw and marinated-cooked squid arms contained nutritionally relevant quantities of essential macro- (Na and Mg) and microminerals (Cr, Zn, Mn and Se). Fishery origin led to minor variations in the mineral composition of raw arms, while marinated-cooked arms of Benthic origin had a higher retention of Na and juice likely due to their greater size. Levels of Pb, Hg, Zn or As found in the ready-to-eat product were below tolerable upper intake levels. **Conclusion:** The mineral content found in the raw squid arms suggests that the Pacific fisheries concerned are not affected by human polluting activities. Marinated-cooked squid arms cover a part of the dietary requirements for minerals and can be consumed without apparent negative nutritional implications.

**Keywords:** *Dosidicus gigas*; Cooked squid; Heavy metals; Minerals; Shellfish

## INTRODUCTION

Cephalopods are considered an excellent source of high-quality nutrients (proteins, n-3 polyunsaturated lipids, essential minerals, etc.); however, there is a growing belief that shellfish may come from increasingly polluted waters, therefore their consumption is often perceived as a potential health-hazard (Catsiki and Strogyloudi, 1999; Llobet et al., 2003; Leblanc et al., 2005). Knowledge of toxic metal accumulation in shellfish from different fisheries around the world contributes to this opinion. Indeed, several surveys have warned of the tendency for cephalopods to accumulate toxic heavy metals, such as Hg, Cd and Pb (Storelli et al., 2005; Perelló et al., 2008; Storelli et al., 2012). These three heavy metals have no known role in biological systems and may be toxic even at low concentrations when ingested over a long period (Carvalho et al., 2005; Domingo et al., 2006). Exposure to high levels of Hg can damage the brain, kidneys and developing foetus (Azlan et al., 2012), Cd is primarily toxic to the kidney, can cause bone demineralisation and has been classified as potentially carcinogenic (Jaishankar et al., 2014), while exposure to Pb can cause kidney dysfunction and brain damage, among

other health problems (Förstner and Wittmann, 1981). In addition, cephalopods may accumulate other trace elements responsible for other health disorders, such as As (Jiao et al., 2018), a prominently toxic and carcinogenic agent (Storelli, et al., 2005; Domingo, et al., 2006), whose long-term exposure can lead to the formation of skin lesions, internal cancers, neurological problems, pulmonary disease, peripheral vascular disease, hypertension and cardiovascular disease and diabetes mellitus (Smith et al., 2000).

Mineral accumulation in cephalopods depends on animal traits (species, variety, body size, age, specific tissues and organs) and environmental factors affecting their diet, in particular, water pollution in the fishery (Duysak and Uğurlu, 2017). In this respect, many coastal waters are increasingly polluted by the discharge of industrial waste (Castro-González and Méndez-Armenta, 2008; Azlan et al., 2012). The main sources of the heavy metals accumulated in cephalopods are anthropogenic activities (smelting processes, fuel combustion, etc.) in the zones where they are captured (Ayas et al., 2007; Mendil and Uluözlü, 2007). Cephalopods can grow and reproduce in polluted environments containing toxic metals, which are

### \*Corresponding author:

Sancho Bañón, Department of Food Science and Technology and Nutrition, Faculty of Veterinary Science, University of Murcia, Murcia, 30100, Spain

Received: 27 June 2020; Accepted: 11 December 2020

gradually absorbed, metabolized and accumulated (Younis et al., 2015). When different tissues (muscles, liver and gills) affected by metal bioaccumulation were examined for risk assessment purposes, the marine animals closely related with sediments, such as squid, showed a relatively high accumulation of heavy metals, for therefore are considered as good indicators in the long-term monitoring of metal pollution in the marine environment (Kilgour, 1991; Agusa et al., 2007; Vilizzi and Tarkan, 2016).

In the case of giant squid (*Dosidicus gigas*), shellfish factories located in developed countries are increasingly dependent on raw materials from Pacific fisheries (Tores-Arreola et al., 2018), and the seafood industry is interested in knowing the nutritional implications of the consumption of squid-based products. However, most available studies on the accumulation levels and dietary intake of trace elements through seafood consumption focus on whole animals (Domingo et al., 2006) and therefore, do not provide an exact idea of the minerals contained in ready-to-eat products. The mineral content can vary during shellfish processing; for example, evisceration removes the minerals deposited in the liver and other organs, while other treatments applied to the edible parts may favour mineral exchange through exudates, marination solutions or cooking broths. In addition, juice losses by cooking may concentrate the minerals initially present in the raw materials (Kalogeropoulos et al., 2012; Czech and Stachyra, 2013). Therefore, it was of interest to learn the mineral content of shellfish products to establish their recommended intake levels and to prevent toxicological risks.

The contribution to diet of minerals, including pollutants, referred for raw or cooked whole squid cannot be extrapolated to ready-to-eat industrial products based on muscle treated with mineral solutions. The objective of the present work was to study the mineral profile of a marinated-cooked giant squid arm from a dietary (recommended daily intakes) and health point of view (toxic heavy metals). Changes in mineral concentrations were assessed in raw and final products from three different Pacific squid fisheries.

## MATERIALS AND METHODS

### Experimental design and statistical analysis

A randomized factorial design was performed to study the influence of fishery origin on the mineral content of cooked squid cuts. Three samples from eighteen blocks of frozen arms were analysed in triplicate (3 blocks x 3 fishery origins x 3 fishing seasons). The effect of treatments (fishery origin and processing) on the dependent

variables (proximate composition and mineral content) was determined by one-way variance analysis. A Tukey homogeneity test was used to compare the Lean Square Means, which were considered to be statistically different at  $P < 0.05$ . Statistical analysis was carried out using the Statistics 8.0 for Windows (Analytical Software, Tallahassee, Florida, USA).

### Squid fishing and obtaining arm block

Giant squid were caught using fishing hooks and lines in three different zones from the Central-Eastern Pacific Ocean (Chile, Peru and Benthic) (Food and Agriculture Organization FAO fishing zone No. 87) in three different seasons (Table 1). The squid captured on fish factory boats were manually eviscerated, cleaned and cut to separate mantles, fins and arms (edible parts) to obtain the respective blocks of frozen product ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 12-20 h). Blocks of frozen arms were packed in polyethylene bags and placed in raffia containers for transport to the respective storage and distribution centres in Perú, Chile and China (Benthic origin). Some of these blocks were placed in freezing vessels (at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and transported from each supplier to a cephalopod products factory located in Spain (New Concisa, Cieza, Murcia). The frozen arm blocks were stored at  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  for up to 1-2 months prior to production of the cooked product. Cooking time duration was adjusted to raw squid average size.

### Cooked squid arm processing

The squid arms were cooked following an industrial procedure. The frozen blocks containing arms were thawed at  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 24 h in tanks containing a water solution with 0.05 mg hydrogen peroxide per kg. A water solution containing 13 g sodium salts per kg (citric acid, sodium citrate, sodium biphosphate and triphosphate) was injected (at 4.5 atm) into the thawed arms to correct ammonia off-flavours and to improve juice retention. After one hour, the marinated arms were cooked in two steps: (i) pre-cooking at  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 15 min; and (ii) cooking at  $98\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 45 min (Chile), 50 min (Benthic) or 40 min (Perú) using a continuous cooking tunnel (Teycomur Maquinaria, Ceutí, Murcia, Spain). A commercial spiced product used for the cooking broth (Doscadesa 2000, Molina de Segura, Murcia, Spain) was diluted in water at 1:32 w:w and the solution was added to marinate the arms in the second cooking step. According to the supplier, the ingredients of the spiced product were: sodium chloride, sugar, sodium triphosphate, spices (garlic, savoury and bay), flavouring agents and sodium glutamate. After cooking, the squid arms were cooled in a water tank at  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 5 min until they reached an internal temperature of  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The arms were longitudinally cut to obtain the whole arms and transversally sliced (12 mm) in an automatic cutting machine. Squid cuts were then passed into a spiral freezing

**Table 1: Time course for obtaining cooked giant squid arms**

	Fishery origin		
	Chile	Benthic	Peru
Whole arms (8) weight range	1-2 kg	2-3 kg	0.5-1 kg
Whole arms (8) average weight	1.850 kg	2.200 kg	0.610 kg
FAO area coordinates	87.2.2 -25.220000,71.397112	87.2.5 -26.168045,105.926169	87.1.2 -15.373938,-76800431
Transportation in board to freezer	Fresh	Frozen	Fresh
Capture and freezing date	06.2017-07.2018	03.2017-03.2018	09.2017-05.2018
Blocks reception date	01.2018-10.2018	01.2018-10.2018	01.2018-11.2018
Arms processing date	02.2018-12.2018	02.2018-12.2018	03.2018-12.2018

tunnel with air convection at -25 °C for 40 min. Finally, squid cuts were glassed with cold water and aerobically packed into polyethylene – polypropylene bags to obtain the final product. The concentrations of the macro- and microminerals present in the marination solution and cooking broth used in raw arm processing are shown in Table 2 (see analytical procedure in 2.5 subsection).

### Proximate composition

Moisture (g/100) was determined after dehydration at 105 °C (International Standard Organization “ISO” Norm 1442: 1997) using a D6450 drying oven (Heraeus, Boadilla del Monte, Madrid, Spain) and a BP 110S (0.001 g precision) scale (Sartorius, Alcobendas, Madrid, Spain). Total lipids (g/100) were determined by the Soxhlet extraction procedure (ISO Norm 1443: 1973) using a 4002841 Det-Grass extraction unit (Selecta, Barcelona Spain) and petroleum ether as solvent. Total nitrogen (g/100) was determined following the Kjeldhal method as specified by ISO Norm 937 (1978) using a K-435 digestion unit (Büchi Labortechnik, Flawil, Switzerland) and a KT 200 Kjeltex distillation unit (Foss, Barcelona, Spain). Ammonia was titrated using an automatic Titrino 702 SM instrument equipped with a No. 6.0233.100 combined electrode (Methrom Schweiz, Zofingen, Switzerland). The factor 6.25 was used to convert nitrogen into protein. The ash content (g/100) was determined according to ISO Norm 936 (1998) using an HK-11 muffle furnace (Forns Hobersal, Caldes de Montbui, Barcelona, Spain).

### Macro- and microminerals

Samples were prepared according to the United States Environmental Protection Agency Method 3015 “A microwave assisted acid digestion of aqueous samples and extracts”. Macro- and microminerals were determined according to ISO Norm 11.885 (1996) by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES) using a Thermo ICAP 6500 Duo apparatus (Thermo Fisher Scientific, Waltham, Massachusetts, USA), except for Hg, which was determined using a mass spectrometry detector (ICP-MS Agilent 7900). A multimineral standard solution containing thirty-one minerals supplied by SCP Science (Quebec, Canada) was used to prepare

**Table 2: Concentration of macro- and microminerals found in the certified reference material and food enriched samples**

	1577c <sup>1</sup>		Recovery %	
	Certified	Measured	1577c <sup>1</sup>	Food samples <sup>2</sup>
Al				95.4
As	19.6±1.40	19.2±3.14	98.0	105.6
B				103.5
Be				108.9
Bi				105.5
Ca	131.0±10.0	127.5±10.3	97.3	94.3
Cd	97.0±1.40	95.8±0.78	98.8	95.3
Co	0.3±0.02	0.3±0.03	99.0	106.0
Cr	53.0±14.0	51.8±16.2	97.7	94.3
Cu	275.2±4.60	269.7±2.80	98.0	97.0
Fe	197.9±0.65	205.5±7.83	103.8	103.9
Hg	5.4±0.17	5.2±0.65	97.0	93.6
K	1.0±0.06	1.0±0.01	98.4	94.6
La				106.5
Li				106.8
Mg	620.0±42.0	636.1±8.25	102.6	94.7
Mn	10.5±0.47	11.4±0.23	109.2	96.2
Mo	3.3±0.13	3.3±0.14	101.0	106.1
Na	0.2±0.01	0.2±0.00	98.4	95.2
Ni	44.5±9.20	43.3±9.01	97.4	94.8
Pb	62.8±1.00	61.8±7.79	98.5	96.4
Rb	35.3±1.10	35.8±2.37	101.3	105.4
Sb	3.1±0.31	3.2±0.00	103.7	107.6
Se	2.0±0.05	2.0±0.08	100.4	106.4
Si				105.3
Sr	95.3±4.20	92.5±2.80	97.1	97.0
Ti				108.1
Tl				107.1
V	8.2±0.66	8.6±2.59	105.7	96.8
Zn	181.1±1.00	177.1±3.55	97.8	105.0

<sup>1</sup>Certified or reference (Sb and Hg) values for the Standard Reference Material 1577c (Bovine Liver) (National Institute of Standards & Technology, USA) (n=3).<sup>2</sup>Average values determined in food samples (orange juice, lettuce, milk powder and pot based on meat and vegetables) enriched with a multimineral standard solution (SCP Science, Quebec, Canada) (n=3). All the concentrations are expressed as g/100g (Na and K) and mg/kg (rest of minerals). Detection limits (LoD): 25 mg/kg (Na, K, Mg, Ca and Si) and 0.25 µg/kg (rest of minerals). Quantification limits (LoQ): 0.01 g/100g (Na, K, Mg, Ca and Si) and 0.001 mg/kg (rest of minerals)

calibration standards in ultrapure water. For the ICP analyses, two control samples containing ultrapure water and a multimineral standard were used. Each mineral determination was performed at specific wavelengths

ranging from 167.1 to 670.8 nm. The sample concentrations of macro- (g/100g) and micro (mg/kg) minerals were calculated as follows.

$$C = \frac{S \times D}{W} \quad (1)$$

where C was the content of macro- (g/100g w.w.) and micro (mg/kg w.w.) minerals in the squid sample, S was the mineral concentration of the working solution, D was the dilution factor and W was sample weight. A Standard Reference Material 1577c (Bovine Liver; National Institute of Standards & Technology, USA) was used for method validation. In addition, the method was validated for food samples (orange juice, lettuce, milk powder and pot based on meat and vegetables) added with the multiminerall standard solution. All the mineral determinations had suitable values of linearity ( $r^2 \geq 0.99$ ), repeatability ( $\pm 10\%$ ) and recovery percentages ranging 94.6-108.9% (see table 2).

#### Calculation of Dietary Reference Intakes.

Dietary Reference Intakes (DRIs) were calculated according to the guidelines published by the European Food Safety Agency (EFSA) (2006 and 2017) for an adult person (older than 19 years) with no special nutritional requirements, averaging male and female requirements. The references used were: (i) Population Reference Intake (PRI): the level of (nutrient) intake that is adequate for virtually all people in a population group. This meets the requirements of 97.5% of individuals in the population; (ii) Adequate Intake (AI): the average observed or experimentally determined approximations or estimates of nutrient intake by a population group (or groups) of apparently healthy people that is assumed to be adequate. It is the value estimated when a PRI cannot be established; (iii) Tolerable Upper Intake Level (UL): the maximum level of total chronic daily intake of a nutrient (from all sources) judged unlikely to pose a risk of adverse health effects to humans.

Estimation of Weekly Intake and Target Hazard Quotient for toxic heavy metals.

The Estimated Weekly Intake (EWI) ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w.) for the toxic metals Pb, Cd and Hg through the consumption of cooked squid was calculated as follows:

$$\text{EWI} = \frac{C \times \text{FIR} \times 7}{\text{WAB}} \quad (2)$$

where EWI is the Estimated Weekly Intake in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  b.w., C is the metal concentration in seafood ( $\mu\text{g}/\text{g}$  w.w.); FIR is the Food Ingestion Rate for cephalopods (9.8 g per person

and day); 7; provides the expression of results of a weekly basis; and WAB is the average consumer body weight (60 kg) according to the European Union (EU) Scientific Committee for Food Adult Weight (Kalogeropoulos et al. 2012).

The Probable Tolerable Weekly Intake (PTWI) used as reference for Cd, Hg and Pb were respectively 2.5, 7 and 25  $\mu\text{g}$  per kg body wt and wk (European Food Safety Authority "EFSA", 2011; World health organization "WHO", 2003).

## RESULTS

### Proximate composition

The proximate composition of raw and cooked squid arms is shown in Table 3. In general, the moisture content decreased from 83.0 g/100g (raw material) to 75.1 (cooked product), total protein content strongly increased from 13.0 (raw) to 20.8 g/100g (cooked), the total lipid content was similar in the raw and cooked product (around 2.1 g/100g), while the ash content increased from 1.2 g/100g (raw) to 1.8 g/100g (cooked). A further analysis confirmed that the cooking spices used (including glutamate and flavouring agents) contained 0.3 g nitrogen per 100 g product, of which a part could have passed to the cooked squid. Fishery origin produced some compositional differences in squid arm. As regards the raw material, Benthic samples (large size) had the highest moisture content followed by the Peru (small size) and Chile (medium size) samples, while the lipid content was higher in the Peru than in the Chile samples. After cooking, the Peru samples had the lowest moisture and ash contents, while the Benthic samples had the highest ash content. Apart from these differences among fishery origins as regards the content of lipids and proteins, other possible factors that may affect mineral diffusion and/or juice losses, were of no importance.

**Table 3: Proximate composition (g/100g) of raw and cooked giant squid arms from three Pacific fisheries.**

	Chile	Benthic	Peru	Overall	SEM
	M	M	M	M	
<b>Raw arms</b>					
Moisture	82.01 <sup>c</sup>	83.76 <sup>a</sup>	83.10 <sup>b</sup>	82.96	0.27
Total proteins	12.75	12.67	13.04	13.02	0.25
Total lipids	2.19 <sup>b</sup>	2.29 <sup>ab</sup>	2.63 <sup>a</sup>	2.37	0.08
Ash	1.25	1.15	1.08	1.16	0.06
<b>Cooked arms</b>					
Moisture	75.45 <sup>a</sup>	76.19 <sup>a</sup>	73.78 <sup>b</sup>	75.13	0.30
Total proteins	20.77	20.23	21.54	20.85	0.25
Total lipids	2.04	2.21	2.33	2.20	0.06
Ash	1.77 <sup>ab</sup>	2.16 <sup>a</sup>	1.59 <sup>b</sup>	1.84	0.08

M: mean; SEM: Standard error of the mean; Means with different superscripts are different for \*P<0.05

## Mineral content

Most of the analysed macro- and microminerals, particularly Na, were already present at different concentrations in the additives and media used for squid arm processing (see Table 4). The average contents of macro- and microminerals in raw and cooked squid arms are shown in Table 5. In the raw material, the most abundant macrominerals (g/100g) were K (0.22), Na (0.15), Mg (0.03) and Ca (0.01), with the Chile samples having the highest concentrations of K and Na. The most abundant microminerals (mg/kg) were Zn (13.7), Si (4.6), Mn (2.6), Cu (2.6), Sr (1.3) and Fe (1.1), while the rest had concentrations below 1 mg/kg. The concentration of microminerals was similar in the raw arms from the three fisheries, except for As and B, whose levels were higher in Peru samples than Benthic ones. Concerning the cooked product, the most abundant macrominerals were Na (0.37), K (0.10), Mg (0.07) and Ca (0.03), with Benthic samples having higher Na concentrations than the Chile samples. The most abundant microminerals were Si (23.2) and Zn (21.4), followed by Sr (6.5), Cu (3.0), Mn (2.8), Fe (2.5) and Al (1.5). As in the case of the raw material,

**Table 4: Mineral concentrations (mg/kg) of the marination solution and cooking broth used to manufacture cooked squid arms**

	Marination solution		Cooking broth	
	M	SEM	M	SEM
Al	<0.10		0.43	0.15
As	<0.01		<0.01	
B	0.69	0.02	0.12	0.02
Be	<0.01		<0.01	
Bi	<0.01		<0.01	
Ca	70.52	2.62	91.64	0.28
Cd	<0.01		<0.01	
Co	<0.01		<0.01	
Cr	0.07	0.00	0.03	0.01
Cu	0.13	0.00	0.05	0.00
Fe	<0.10		0.32	0.12
Hg	<0.01		<0.01	
K	217.61	8.51	24.94	2.71
La	<0.01		<0.01	
Li	0.26	0.01	0.04	0.00
Mg	162.88	1.74	35.61	0.36
Mn	0.41	0.01	0.23	0.01
Mo	<0.01		<0.01	
Na	3.16 10 <sup>4</sup>	0.15 10 <sup>4</sup>	0.56 10 <sup>4</sup>	0.09 10 <sup>4</sup>
Ni	0.01	0.00	0.03	0.01
Pb	<0.01		<0.01	
Rb	0.32	0.00	0.03	0.00
Sb	<0.01		<0.01	
Se	<0.01		<0.01	
Si	1.98	0.05	12.58	3.52
Sr	1.93	0.04	1.74	0.02
Ti	0.03	0.00	0.05	0.01
Tl	<0.01		<0.01	
V	<0.01		<0.01	
Zn	0.05	0.00	0.06	0.02

the cooked product contained levels below 1 mg/kg for the rest of the microminerals, including toxic heavy metals such as Pb, Hg and Cd, with no differences among fishery origins, except for Cd (higher in Peru) and Cr (higher in Chile). Concentrations of macro- and microminerals increased ( $P<0.05$ ) in the cooked product, with some exceptions: the levels of K were lower ( $P<0.05$ ) in the cooked samples, while the levels of Cr, Cu, Mn and Mo were similar ( $P>0.05$ ). Thus, fishery origin hardly affected the mineral composition of the raw or cooked product, except for the sodium content.

## Dietary intake and consumer risk

The consumption of 100 g of cooked product covered a relevant part of the DRI established for Na (16.1%), Mg (10.6%), and, to a lesser extent, for K (2.2%), while its contribution of Ca was insignificant (0.3%). The consumption of cooked squid also covered a considerable percentage of the DRI for Cr (26.7%), Zn (21.4%), Mn (13.7%) and Se (12.0%), while this contribution of other minerals were minor. In addition, the EWI and PTWI for Hg, Cd and Pb for the consumption of cooked squid were also calculated. The EWI ( $\mu\text{g/g w.w.}$ ) (PTWI in bracket) for Hg were: Chile: 0.06 (12%); Benthic: 0.06 (12%); Peru: 0.04 (8%); and overall: 0.05 (10%). The EWI (PTWI in bracket) for Cd, the most abundant of these three heavy metals, were Chile: 0.06 (2.4%); Benthic: 0.16 (6.4%); Peru: 0.06 (2.4%); and overall: 0.09 (4%). Finally, the EWI (PTWI in bracket) for Pb were particularly low: Chile: 0.01 (0.04%); Benthic: 0.01 (0.04%); Peru: 0.02 (0.08%); and overall: 0.01 (0.05%). As for metal content, there were no differences among origins in EWI and PTWI, except in the case of the Benthic samples, which provided double Cd intake than the other two origins.

## DISCUSSION

There are few available studies regarding the mineral content of cooked squid products, and most existing information corresponds to pollution studies on toxic metals in whole squid. The present study focuses on a ready-to eat squid product in which the minerals (semi- and metals) of nutritional and toxicological interest were studied in the raw material, processing solutions and final product. Regarding the raw material, the mineral content of giant squid arm was coherent with those reported in other studies. Recently, Jiao et al. (2018) determined several trace metals in muscle samples (all edible parts) of Chinese (*Loligo chinensis*), Pacific (*Ommastrephes bartramii* and *Dosidicus gigas*) and Atlantic (*Illex argentine*s) raw squid. As in this study, the above authors found considerable differences according to the body weight of squid from different fisheries; the average contents (mg/kg) reported were: Zn

**Table 5: Average content of macro- (g/100g) and microminerals (mg/kg) in raw and cooked giant squid arms from three Pacific fisheries**

	Raw arms					Cooked arms				
	Chile	Benthic	Peru	Overall	SEM	Chile	Benthic	Peru	Overall	
	M	M	M	M		M	M	M	M	
<b>Macrominerals</b>										
Ca	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
K	0.26 <sup>a</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.22 <sup>ab</sup>	0.22	0.01	0.11	0.11	0.09	0.10	0.02
Mg	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.06	0.08	0.06	0.07	0.01
Na	0.16 <sup>a</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.15	0.01	0.33 <sup>b</sup>	0.49 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.37	0.06
<b>Microminerals</b>										
Al	1.17	0.14	0.39	0.57	0.29	1.21	2.57	0.73	1.51	0.99
As	0.48 <sup>ab</sup>	0.40 <sup>b</sup>	0.56 <sup>a</sup>	0.48	0.03	0.77	0.99	0.68	0.81	0.14
B	<0.01	0.01	0.08	0.03	0.02	0.36	0.47	0.47	0.44	0.12
Be	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Bi	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Cd	0.02	0.02	0.04	0.02	0.00	0.05 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.09	0.04
Co	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Cr	0.03	0.02	0.04	0.03	0.01	0.11 <sup>a</sup>	0.07 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.08	0.02
Cu	2.64	2.15	3.09	2.63	0.30	3.35	3.13	2.4	2.96	0.64
Fe	1.10	1.21	0.99	1.10	0.13	1.96	4.15	1.42	2.51	1.82
Hg	0.01	<0.01	0.01	0.01	0.00	0.05	0.05	0.04	0.05	0.01
La	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Li	<0.01	<0.01	0.03	0.01	0.00	0.07	0.08	0.07	0.07	0.01
Mn	2.77	2.50	2.54	2.60	0.07	2.63	3.16	2.60	2.80	0.31
Mo	<0.01	<0.01	0.07	0.02	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.00
Ni	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.05	0.02	0.03	0.04	0.01
Pb	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
Rb	0.81	0.58	0.68	0.69	0.04	0.57	0.61	0.48	0.55	0.11
Sb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Se	0.15	0.10	0.21	0.15	0.02	0.40	0.31	0.36	0.36	0.04
Si	3.32	4.95	5.53	4.60	1.11	14.17	14.81	40.71	23.23	17.33
Sr	1.31	1.27	1.27	1.28	0.04	5.75	6.81	6.84	6.47	1.45
Ti	0.08	0.08	0.15	0.10	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.01
Tl	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.03	0.03	0.03	0.03	0.01
V	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Zn	14.50	13.27	13.20	13.66	0.28	22.79	19.44	22.09	21.44	3.03

M: mean; SEM: Standard error of the mean; Means with different superscripts are different for \*P<0.05

(14.8), Fe (7.9), Cu (5.5), As (4.8), Mn (0.8), Cr (0.5), Se (0.4), Cd (0.3), Pb (0.08) and Ni (0.07), with giant squid from the Eastern Pacific Ocean having concentrations near these average values. Kalogeropoulos et al. (2012) found more similar levels (mg/kg) to those of our study for Zn (9.7), Fe (6.0), Cu (4.7), Cr (0.06), Cd (0.3) and Hg (0.05) in raw Mediterranean squid flesh (*Loligo vulgaris*). Czech and Stachyra (2013) studied a larger number of macro- and microminerals in raw Japanese squid (*Todarodes pacificus*) samples. As in this study, the macrominerals (g/100g) present were: Na (0.37), K, (0.22), Mg (0.03) and Ca (0.01), while the microminerals (mg/kg) present were Zn (7.1), Fe (10.0), Cu (0.8), Pb (0.09), Cd (0.08) and Hg (0.01). These results differed slightly from those obtained for raw giant squid arms in our study. Jiao et al. (2018) found that squid from offshore fisheries in the China Sea might pose a higher potential health risk from polluting metals

than those from the Pacific and Atlantic oceans, with only a slight difference between the latter two. In the present study, fishery origin does not appear to be a relevant factor as regards the mineral content of the raw material. As can be seen, the levels of semimetals and metals in raw arms were quite homogeneous, despite coming from different fisheries and freezing factories.

Regardless of the raw material used, the mineral content of squid may change during thawing, marination and cooking. Thawing inside a tank with a drainage system may favour mineral leaching, while injection of a water solution containing sodium salts may contribute to holding the juices and dissolved minerals. The injected minerals would be better retained in large size arms as dissolved electrolytes should diffuse to a longer average distance to reach arm external exchange surface, where both mineral

**Table 6: Total intake and per cent covered (in parentheses) of the Daily Recommended Intake (DRI) for selected minerals through the consumption of 100 g cooked squid arms by an adult consumer weighing 60 kg**

	Cooked squid arms				DRIs
	Chile	Benthic	Peru	Overall	
	M	M	M	M	
<b>Macrominerals (mg)</b>					
Ca	30 (0.3)	30 (0.3)	30 (0.3)	30 (0.3)	1,000 mg
K	110 (2.3)	110 (2.3)	90 (1.9)	100 (2.1)	4,700 mg
Mg	33 (9.4)	49 (14.0)	29 (8.3)	37 (10.6)	350 mg
Na	330 (14.3)	490 (21.3)	290 (12.6)	370 (16.1)	2,300 mg
<b>Microminerals (µg)</b>					
As	77 (2.6)	99 (3.3)	68 (2.3)	81 (2.7)	3,000 µg
B	36 (0.2)	47 (0.2)	47 (0.2)	44 (0.2)	20,000 µg
Cr	11 (36.7)	7 (23.3)	6 (20.0)	8 (26.7)	30 µg
Cu	335 (3.4)	313 (3.1)	24 (2.7)	296 (0.2)	10,000 µg
Fe	196 (0.4)	415 (0.9)	142 (0.3)	251 (0.6)	45,000 µg
Mn	263 (12.8)	316 (15.4)	260 (12.7)	280 (13.7)	2,050 µg
Ni	5 (0.5)	2 (0.2)	2 (0.2)	3 (0.3)	1,000 µg
Se	40 (13.3)	31 (10.3)	36 (12.0)	36 (12.0)	300 µg
Zn	2279 (22.8)	1944 (19.4)	2209 (22.1)	2144 (21.4)	10,000 µg

DRIs published by the Institute of Medicine (United States of America) (2011) except for As (WHO, 1989).

absorption and leaching can take place. Results obtained for Na are a good indicator of what occurred. The raw arms from the three origins only presented small differences in concentration of Na. Once arms were marinated and cooked, large size arms (i.e. Benthic samples) contained the highest concentration of Na, which was associated to a higher retention of juice. Thus, other minerals present might have followed a similar diffusivity pattern.

For the same reason, the cooking broth may also exchange minerals with the marinated squid. However, the overall increase observed for the mineral content after cooking seems to reflect product dehydration. Juice loss and subsequent mineral concentration are inversely related to fish and shellfish size (Kalogeropoulos et al., 2012). In the present study, squid arms were cooked in a broth containing spices, sodium salts and other ingredients, and cooking time was adjusted to arm size in order to standardize juice loss and prevent overcooking. As seen, the cooked product showed good juice retention (around 75g/100g moisture) in samples from each origin. Cooking losses reported for squid in other studies are even higher. For example, Kalogeropoulos et al. (2012) found moisture contents (g/100g) of 81.4 (raw), 44.0 (pan-fried) and 63.9 (grilled), Czech and Stachyra (2013) found values of 87.1 (raw) and 12.5 (pan-fried), while in another study, Galitsopoulou et al., (2013) noted values of 83.4 (raw), 73.1 (grilled) and 72.6 (canned) in whole squid from California (*Loligo opalescens*). Therefore, both marination treatment and cooking time need to be adjusted, especially considering giant squid arm may lose around 70% of its raw weight when cooked in polypropylene bags at 100 °C for 10 min (Torres-Arreola et al. 2018). Other studies agree that

cooking loss may lead to a concentration of minerals in squid products. Kalogeropoulos et al. (2012) also found increased levels (compared to raw material) of trace metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb and Zn) in cooked squid flesh, in which values reached (mg/kg) 18 (Zn), 16 (Fe), 7.1 (Cu), 0.77 (Cd), 0.18 (Hg), 0.13 (Cr), 0.08 (Ni) and 0.04 (Pb). Czech and Stachyra (2013) found similar results in pan-fried squid for macro- (Na, Ca and Mg) and microminerals (Cu, Fe and Zn). In the above study, sunflower oil and wheat flour also provided minerals to the final product. In contrast, other studies indicated that the cooking process is of very limited value as a means of reducing metal concentrations. Any hypothetical reduction would depend upon cooking conditions (time, temperature, and cooking medium) (Perello et al. 2008). In addition, it is known that cooking procedures may, in certain conditions, change the amount of chemical pollutants in foods (Zabik et al., 1995; Bayen et al., 2005). For instance, it was seen that baked and microwave-cooked fish present higher concentrations of Na, K, Ca, Mg and Zn than grilled and fried fish, due to their differences in juice loss (Ersoy and Özeren, 2008). The factors contributing to increasing the mineral concentration of cooked squid arm (mineral absorption and juice loss) predominated over the mineral leaching that occurs during thawing, marination and cooking.

The nutritional implications of shellfish consumption are important, particularly any knowledge concerning the dietary intake of toxic heavy metals (Storelli et al., 2012). The dietary requirement for a micronutrient is defined as an intake level that meets specified criteria related to adequacy, thereby minimizing the risk of nutrient deficit or excess (Dietary Recommended Guide, 2006). Nutritional indexes, such as PRI, TI and UL, are used to estimate the

DRI for minerals, although the calculation based on the total content of minerals does not look at other possible factors affecting their bioaccessibility (e.g. denaturation and de-methylation of muscle metalloproteins) (Ouédraogo and Amyot, 2011). As expected, the average consumption of cooked squid arms, a product treated with sodium salts, covered a relevant percentage of the DRI for Na and Mg as well as for Se, Cu, Cr and Zn. In contrast, the contribution of other minerals was far below their ULs. Jiao et al. (2018) identified As accumulation as a primarily hazard for human health associated with squid consumption. The present study did not confirm this view, since the concentration of As in cooked squid arms was below maximum limits (1.0 mg/kg) permitted for fish and shellfish in countries such as Australia, Brazil or South Africa (1.0-3.5 mg/kg) (Gladieux and Swail, 1998). Similarly, the accumulation levels (mg/kg) found for toxic heavy metals were far below the ULs established for Hg (0.5), Cd (1.0) and Pb (0.3) (European Commission “EC” Regulations 1881/2006 of and 629/2008). As a consequence, the estimated EWIs and their corresponding PTWIs for the consumption of cooked squid were well below recommendations established by health organizations for Hg, Cd and Pb (WHO, 2003; EFSA, 2011). Other studies on shellfish and fish products reported slightly higher EWIs and PTWIs for toxic metals (Storelli, 2008; Pastorelli et al., 2012), while Kalogeropoulos et al. (2012) estimated EWIs as 0.21-0.23 (Hg), 0.03-0.05 (Pb), 0.56-0.88 (Cd) in cooked squid flesh. The levels of minerals found in the marinated-cooked giant squid arms indicate that as regards polluting metals, these can be consumed with a wide margin of safety.

## CONCLUSIONS

Giant squid from the Eastern Pacific Ocean provide a raw material of high nutritional quality, containing a large number of essential macro- and microminerals. Raw squid arms were seen to have quite homogeneous content in terms of semimetals and metals despite proceeding from fisheries distant from each other and being obtained from different freezing factories located in Peru, Chile and China. The low amounts of toxic metals in the raw materials suggest that these Pacific fisheries are not currently seriously affected by human polluting activities. From a technological point of view, fishery origin, which may lead to great differences in squid size, modulates the retention of juices and Na by squid arms, that came from the marination salt and cooking broth used. Marination and cooking treatments had little influence on levels of Pb, Hg, Zn or As in squid arms, despite there being certain mineral concentration due to juice losses by cooking. The levels of Pb, Hg, Zn or As found in the ready-to-eat product were below the tolerable upper intake levels. According

the DRIs calculated for the minerals, marinated-cooked Pacific squid arms provide a part of mineral requirements in the human diet and can be consumed without apparent negative nutritional implications.

## Author contributions

Conceptualization, F.F. and S.B.; methodology (industrial plant and laboratory), F.F. and C.L.; data analysis and validation, F.F. and S.B.; investigation, F.F., C.L. and S.B.; resources, S.B.; writing-original draft preparation, F.F. and S.B.; writing-review and editing, S.B.; supervision, S.B. (F.F: Faustina Fernández; C.L. Celia Lucas; and S.B. Sancho Bañón).

## REFERENCES

- Agusa, T., T. Kunito, A. Sudaryanto, I. Monirith, S. Kan-Atireklap, H. Iwata, A. Ismail, J. Sanguansin, M. Muchcar, T.S. Tana and S. Tanabe. 2007. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environ. Pollut.* 145: 766-777.
- Ayas, Z., G. Ekmekci, S. V. Yerli and M. Ozmen. 2007. Heavy metal accumulation in water, sediments and fishes of Nallihan Bird Paradise, Turkey. *J. Environ. Biol.* 28: 545-549.
- Azlan, A., M. Izuan, E. Halmi, M. Radyaqsa and U. N. Makassar. 2012. Heavy metals (mercury, arsenic, cadmium, plumbum) in selected marine fish and shellfish along the Straits of Malacca. *Int. Food Res. J.* 19: 135-140.
- Bayen, S., P. Barlow, H. K. Lee, and J. P. Obbard. 2005. Effect of cooking on the loss of persistent organic pollutants from salmon. *J. Toxicol. Environ. Health Part A.* 68: 253-265.
- Carvalho, M. L., S. Santiago and M. L. Nunes. 2005. Assessment of the essential element and heavy metal content of edible fish muscle. *Anal. Bioanal. Chem.* 382: 426-432.
- Castro-González, M. I. and M. Méndez-Armenta. 2008. Heavy metals: Implications associated to fish consumption. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 26: 263-271.
- Catsiki, V. A. and E. Stroglyoudi. 1999. Survey of metal levels in common fish species from Greek waters. *Sci. Total Environ.* 237: 387-400.
- Czech., A. K. and Stachyra. 2013. Effect of processing treatments (frozen, frying) on contents of minerals in tissues of “frutti di mare.” *Int. J. Food Sci. Tech.* 48: 238-245.
- Domingo, J. L., A. Bocio, R. Martí-Cid and J. M. Llobet. 2006. Benefits and risks of fish consumption. *Toxicol.* 230(2-3): 227-233.
- Duysak, Ö. and E. Uğurlu. 2017. Metal accumulations in different tissues of cuttlefish (*Sepia officinalis* L., 1758) in the Eastern Mediterranean coasts of Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24: 9614-9623.
- Ersoy, B. and A. Özeren. 2009. The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chem.* 115: 419-422.
- European Commission. 2006. EC Regulation No 1881/2006 of 19 December 2006 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. *OJEU L.* 364: 5-24.
- European Commission. 2008. EC Regulation No 629/2008 of 2 July 2008 Setting Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs. *OJEU L.* 173: 6-9.
- European Food Safety Authority. 2006. Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1124/annex-1>

- efsa.europa.eu/sites/default/files/efsa\_rep/blobserver\_assets/ndatolerableuil.pdf.
- European Food Safety Authority. 2017. Overview on Dietary Reference Values for the EU Population as Derived by the EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies. Available from: [https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/DRV\\_Summary\\_tables\\_jan\\_17.pdf](https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/assets/DRV_Summary_tables_jan_17.pdf).
- European Food Safety Authority. 2010. Scientific Opinion on Lead in Food. Lead, occurrence, dietary exposure, food consumption, risk assessment, adults, children, margin of exposure. EFSA J. 8: 1570. Available from: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/1570>.
- European Food Safety Authority. 2011. Scientific Opinion. Statement on Tolerable Weekly Intake for Cadmium. Available from: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1975.pdf>.
- Förstner, U. and G. T. W. Wittmann. 1981. Metal Pollution in the Aquatic Environment. 2nd Edition. Springer-Verlag, Berlin, 486. (Vol. 84). from <http://ir.obihiro.ac.jp/dspace/handle/10322/3933>
- Galitsopoulou, A., D. Georgantelis and M. G. Kontominas. 2013. Effect of thermal processing and canning on cadmium and lead levels in California market squid: The role of metallothioneins. Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess. 30: 1900-1908.
- Gladieux, L. and W. Swail. 1998. Postsecondary Education: Student Success, not just Access. The Forgotten Half, p. 101-114. Available from: [http://www.scholar.google.com/scholar?q=Gladioux+Swail&btnG=&hl=en&as\\_sdt=0%2C6#4](http://www.scholar.google.com/scholar?q=Gladioux+Swail&btnG=&hl=en&as_sdt=0%2C6#4).
- International Standards Organization. 2018. Meat and Meat Products. Determination of Nitrogen Content. Available from: <https://www.iso.org/standard/5356.html>.
- ISO 1442:1997. 2018. Meat and Meat Products. Determination of Moisture Content. Available from: <https://www.iso.org/standard/6037.html>.
- ISO Norm 1443:1973. 2016. Meat and Meat Products. Determination of Total Fat Content. Available from: <https://www.iso.org/standard/6038.html>.
- International Standards Organization (ISO) 11885:2007. 2016. Water Quality. Determination of Selected Elements by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES). Available from: <https://www.iso.org/standard/36250.html>.
- Jaishankar, M., T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew and K. N. Beeregowda. 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. Interdiscip. Toxicol. 7: 60-72.
- Jiao, Y., J. Chen, W. Li, Y. Liu, C. Xin and L. Yang. 2018. Trace elements concentrations in squids consumed in Shandong Province China and their associated risks to the human health. Mar. Pollut. Bull. 128: 267-274.
- Kalogeropoulos, N., S. Karavoltzos, A. Sakellari, S. Avramidou, M. Dassenakis and M. Scoullou. 2012. Heavy metals in raw, fried and grilled Mediterranean finfish and shellfish. Food Chem. Toxicol. 50: 3702-3708.
- Kilgour, B. W. 1991. Cadmium uptake from cadmium-spiked sediments by four freshwater invertebrates. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 47: 70-75.
- Leblanc, J. C., T. Guérin, L. Noël, G. Calamassi-Tran, J. L. Volatier and P. Verger. 2005. Dietary exposure estimates of 18 elements from the 1<sup>st</sup> French Total Diet Study. Food Addit. Contam. 22: 624-641.
- Llobet, J. M., G. Falcó, C. Casas, A. Teixidó and J. L. Domingo. 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. J. Agri. Food Chem. 51: 838-842.
- Mendil, D. and Ö. D. Uluözlü. 2007. Determination of trace metal levels in sediment and five fish species from lakes in Tokat, Turkey. Food Chemistry, 101: 739-745.
- Ouédraogo, O. and M. Amyot. 2011. Effects of various cooking methods and food components on bioaccessibility of mercury from fish. Environ. Res. 111: 1064-1069.
- Pastorelli, A. A., M. Baldini, P. Stacchini, G. Baldini, S. Morelli, E. Sagratella, S. Zaza and S. Ciardullo. 2012. Human exposure to lead, cadmium and mercury through fish and seafood product consumption in Italy: A pilot evaluation. Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control. Expo. Risk Assess. 29: 1913-1921.
- Perello, G., R. Martí-Cid, J. M. Llobet and J. L. Domingo. 2008. Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. J. Agri. Food Chem. 56: 11262-11269.
- Smith, A. H., E. O. Lingas and M. Rahman. 2000. Contamination of Drinking Water by Arsenic in Bangladesh: A Public Health Emergency. Contamination of Drinking-water by Arsenic in Bangladesh: A Public Health Emergency. World Health Organization, Geneva, Switzerland, p. 1093.
- Storelli, M. M. 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). Food Chem. Toxicol. 46: 2782-2788.
- Storelli, M. M., G. Barone and G. O. Marcotrigiano. 2005. Cadmium in cephalopod molluscs: Implications for public health. Journal of Food Protection, 68: 577-580.
- Storelli, M. M., G. Normanno, G. Barone, A. Dambrosio, L. Errico, R. Garofalo and R. Giacomini-Stuffer. 2012. Toxic metals (Hg, Cd, and Pb) in fishery products imported into Italy: Suitability for human consumption. J. Food Protec. 75: 189-194.
- Torres-Arreola, W., V. M. Ocaño-Higuera, J. M. Ezquerro-Brauer, B. E. López-Corona, F. Rodríguez-Felix, R. Castro-Longoria and H. E. Ramírez-Guerra. 2018. Effect of cooking on physicochemical and structural properties of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle. J. Food Process. Preserv. 42: 1-8.
- Vilizzi, L. and A. S. Tarkan. 2016. Bioaccumulation of metals in common carp (*Cyprinus carpio* L.) from water bodies of Anatolia (Turkey): A review with implications for fisheries and human food consumption. Environ. Monit. Assess., 188: 243.
- WHO. 2003. Summary and Conclusions of the 61<sup>st</sup> Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives JECFA/61/sc. World Health Organization, Rome, Italy.
- Younis, A. M., H. F. Amin, A. Alkaladi and Y. Y. I. Mosleh. 2015. Bioaccumulation of heavy metals in fish, squids and crustaceans from the red sea, Jeddah coast, Saudi Arabia. Open J. Mar. Sci. 5: 369-378.
- Zabik, M. E., M. J. Zabik, A. M. Booren, S. Daubenmire, M. A. Pascall, R. Welch and H. Humphrey. 1995. Pesticides and total polychlorinated biphenyls residues in raw and cooked walleye and white bass harvested from the great lakes. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54: 396-402.

# Congreso Nacional CyTA · CESIA

León, 15-17 mayo 2019

Hotel Real Colegiata San Isidoro

**IMPULSANDO LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN**

CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS · INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

## Congreso CyTA Junior

15 de mayo 2019 - León, Facultad de Veterinaria



W W W . C Y T A C E S I A 2 0 1 9 . C O M

Organización:



Secretaría técnica:



cytacesia2019@mastercongresos.com



## CONTENIDO EN METALES Y SEMI-METALES DEL POTÓN COCINADO DEL PACÍFICO

*Faustina Fernández, Celia Lucas y Sancho Bañón*

*Departamento de Tecnología de los Alimentos, Nutrición y Bromatología, Universidad de Murcia, Murcia  
sanchoba@um.es*

**El presente estudio recoge los niveles de metales y semimetales presentes en tentáculos cocinados de potón (*Dosidicus gigas*) procedente de tres pesquerías del océano pacífico (Chile, Perú y Bentónica) (FAO-85) durante los años 2017-2018.**

**Palabras clave - calamar, cefalópodos, metales pesados.**

### INTRODUCCIÓN

La intoxicación por metales como Hg, Cd y Pb está considerada como uno de los principales riesgos para la salud asociados al consumo de productos transformados de la pesca. En el caso de los cefalópodos, la acumulación de metales depende del tipo de animal (especie, variedad, edad, tejidos específicos) pero también de factores ambientales como el grado de contaminación del agua en las pesquerías [1]. Muchas aguas costeras están cada vez más contaminadas por la descarga de residuos industriales, de modo que los metales acumulados pueden pasar a la cadena trófica humana a través del consumo de animales acuáticos afectados y llegar a resultar tóxicos. La mayoría de datos disponibles sobre la presencia de metales corresponden a cefalópodos crudos [2]. Sin embargo, el contenido mineral del marisco puede variar durante el proceso de fabricación posterior. Así, la evisceración elimina los minerales depositados en el hígado y otros órganos, mientras que parte de los minerales acumulados en músculo pueden perderse a través de exudados, medios de maceración y jugos de cocinado, y, por tanto, a menudo no se tiene una idea exacta sobre la cantidad de metales que aporta cada producto a la dieta. El objetivo fue comparar el nivel de metales y semi-metales presente en rodajas de potón cocido del pacífico con distinto origen.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron muestras de tres bloques de tentáculos de potón cocido (calamar gigante) procedente de 3 pesquerías diferentes del océano Pacífico centro-oriental (Chile, Perú y Bentónica) (FAO 87) obtenidas entre el 04/06/2017 y el 13/07/2018 (n=36). Los calamares se evisceraron, limpiaron y cortaron para obtener los tentáculos. Los bloques congelados (-20°C) viajaron durante 30-40 días hasta España donde se elaboró el producto cocinado. El proceso de fabricación fue el siguiente: (i) descongelación en una solución con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (6 °C / 24 h); (ii) inyección de un medio de maceración con ácido cítrico, citratos y fosfatos; (iii) pre-cocinado (65 °C / 15 min); (iv) cocción marinada (98°C / 30 min); (v): enfriamiento; (vi) corte en rodajas; (vii) envasado aeróbico; y (viii) con

gelación (-18 °C). Los metales se analizaron mediante espectrometría de emisión óptica con fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), salvo Hg que se determinó por espectrometría de masas (ICP-MS).

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los niveles (M±ES) encontrados de metales y semi-metales fueron: Al: 1,51±0,99; As: 0,81±0,15; B: 0,44±0,12; Be: <0,01; Bi: <0,01; Cd: 0,09±0,03; Co: <0,01; Cr: 0,08±0,02; Cu: 2,96±0,64; Fe: 2,51±1,82; Hg: 0,05±0,03; Li: 0,07±0,01; Mn: 2,80±0,31; Mo: 0,00±0,01; Ni: 0,03±0,01; Pb: 0,01±0,00; Rb: 0,55±0,11; Sb: <0,01; Se: 0,36±0,04; Si: 23,23±17,33; Sr: 6,47±0,04; Ti: 0,04±0,01; Tl: 0,03±0,01; Zn: 21,44±3,03; V: <0,01 (mg kg<sup>-1</sup>). De acuerdo con estos valores, los elementos más abundantes fueron Zn y Si, seguidos por Sr, Mn, Cu, Fe y Al, mientras que el resto estuvo por debajo de 1 mg kg<sup>-1</sup>. En cualquier caso, el producto no alcanzó los límites máximos establecidos por la UE para Pb (0,3), Cd (1,0) y Hg (0,5) o por otros países, como Australia o Canadá, para elementos como As (1,0-3,0), siendo valores muy inferiores a los publicados para diferentes productos pesqueros (elasmobranchios, teleosteos, moluscos, cefalópodos y crustáceos) identificados como fuentes potenciales de Hg (20-35), Cd (25-32) y Pb (11-85) [3]. Llama la atención que el perfil mineral del producto final resultó ser bastante homogéneo, pese a la distinta procedencia de la materia prima, ya que solo se observaron diferencias significativas (P<0,05) entre orígenes en el contenido en Cd (mayor en Perú) y Cr (mayor en Chile). Ello se explicaría porque este calamar se pesca a mucha distancia de la costa, lo que contribuye a diluir cualquier posible foco de contaminación existente. También es posible que el tratamiento del producto pre-cocinado (medios de descongelación y maceración) pueda haber contribuido a homogeneizar su contenido mineral, cuestión que habrá que abordar en futuros estudios.

### CONCLUSIONES

Las rodajas de potón cocido del pacífico presentan en general unos bajos niveles de metales y semi-metales, así como un perfil mineral homogéneo pese a proceder de zonas y temporadas de pesca diferentes.

### REFERENCIAS

- [1] Duysak y Uğurlu (2017). *Env. Sci. Poll. Res.* 24: 9614-9623.
- [2] Domingo (2011) *Crit. Rev. Food. Sci. Nut.* 56: 979-988.
- [3] Storelli et al. (2012) *J. Food Protec.* 75:189-194.