

---

**ÍNDICE GENERAL**
**JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL ESTUDIO** 3

**I. INTRODUCCIÓN**


---

I.1. LA DORADA.....	11
1.1. Características de la especie.....	11
1.2. Valor nutricional de la Dorada.....	13
I.2. EL CONSUMO DE DORADA EN ESPAÑA.....	14
I.3.TENDENCIAS DEL MERCADO DE PESCADO. NUEVOS PRODUCTOS. PRODUCTOS REESTRUCTURADOS.....	15
I.4. APLICACIÓN DE LA COCCIÓN/FRITURA A VACÍO.....	21
4.1. Cocción/fritura tradicional.....	22
4.2. La cocción/fritura en condiciones de vacío continuo (Cook-vide).....	23
I.5. NUEVAS HERRAMIENTAS PARA LA CONSERVACIÓN DE PESCADO. BIOCONSERVACIÓN.....	25
5.1. Aplicación de cultivos bioprotectores.....	25
5.2. Aplicación de bacteriocinas.....	26

**II. OBJETIVOS**


---

II.1. Objetivo general.....	31
II.2. Objetivos específicos.....	31

**III. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FRITURA Y COCCIÓN A VACÍO DE FILETES DE DORADA (*Sparus aurata*)**


---

III.1. INTRODUCCIÓN.....	35
1.1. Cocción.....	35
1.1.1. Concepto de cocción.....	35

1.1.2. Tipos de cocciones.....	36
1.1.3. Efecto del cocinado sobre los tejidos animales.....	37
1.1.4. Efecto del cocinado sobre la microflora.....	41
1.2. Cocción a vacío.....	42
1.3. Fritura.....	43
1.3.1. Concepto de fritura.....	43
1.3.2. Tipos de fritura.....	44
1.3.3. Caracterización del proceso de fritura.....	46
1.3.3.1. Transferencia de calor y de materia.....	47
1.3.3.2. Variables del proceso de fritura.....	51
1.3.4. Cambios en la estructura y color de los productos fritos.....	53
1.3.4.1. Cambios en el tamaño y forma.....	53
1.3.4.2. Cambios en la textura.....	55
1.3.4.3. Cambios en el color.....	55
1.3.5. Características y degradación del aceite.....	58
1.3.5.1. Efecto del agua.....	58
1.3.5.2. Efecto del oxígeno.....	59
1.3.5.3. Efecto de la temperatura.....	61
1.3.5.4. Medida de la degradación del aceite.....	61
1.3.6. La fritura a vacío.....	62
1.3.6.1. Generalidades.....	62
1.3.6.2. El proceso de fritura a vacío.....	63
1.3.6.2.1. Transferencia de agua en la fritura a vacío.....	63
1.3.6.2.2. Transferencia de aceite en la fritura a vacío.....	65
1.3.6.2.3. Transferencia de calor.....	66
III.2. OBJETIVO.....	67

---

2.1. Objetivo general.....	67
2.2. Objetivos específicos.....	67
2.2.1. Estudio de la fritura en condiciones de vacío continuo.....	67
2.2.2. Estudio de la cocción en condiciones de vacío continuo.....	68
III.3. PLAN DE TRABAJO.....	68
III.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	69
4.1. Materia prima y preparación de la muestra.....	69
4.2. Aceite.....	70
4.3. Determinaciones analíticas.....	70
4.3.1. Variación de peso.....	70
4.3.2. Determinación de la evolución de la temperatura.....	71
4.3.3. Humedad.....	71
4.3.4. Contenido en grasa.....	72
4.3.5. Contenido proteico.....	73
4.3.6. Determinación de la calidad del aceite.....	74
4.3.7. Propiedades ópticas.....	74
4.3.8. Determinación del perfil lipídico.....	75
4.3.9. Grado de encogimiento.....	76
4.4. Equipos.....	76
4.4.1. Equipo de fritura/cocción a vacío.....	76
4.4.2. Equipo de fritura a presión atmosférica.....	78
4.5. Modelos empíricos.....	79
4.6. Análisis estadístico.....	80
III.5. RESULTADOS.....	81
5.1. Fritura.....	81
5.1.1. Caracterización y estudio cinético de los parámetros físico-químicos en el proceso de fritura.	83

5.1.1.1. Perfil de temperaturas durante el proceso de fritura.....	84
5.1.1.2. Variación de peso.....	86
5.1.1.3. Evolución de la pérdida de agua y ganancia de grasa de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) debido al tratamiento de fritura.....	89
5.1.1.3.1. Evolución de la pérdida de agua.....	89
5.1.1.3.2. Evolución de la ganancia de grasa.....	95
5.1.1.4. Cambios en la forma de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) debido al tratamiento de fritura.....	106
5.1.2. Análisis factorial de las muestras tratadas a vacío.....	110
5.1.3. Calidad del aceite de fritura.....	112
5.1.4. Evolución del color en los filetes.....	114
5.2. Cocción.....	118
5.2.1. Caracterización y estudio cinético de los parámetros físico-químicos en el proceso de cocción.....	118
5.2.1.1. Perfil de temperaturas durante el proceso de cocción.....	119
5.2.1.2. Variación de peso.....	120
5.2.1.3. Evolución de la pérdida de agua de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) debido al tratamiento de cocción.....	121
5.2.1.4. Evolución del contenido proteico y graso de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> )	

debido al tratamiento de cocción.....	124
5.2.1.5. Cambios en la forma de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) debido al tratamiento de cocción.....	130
5.2.1.6. Evolución del color en los filetes.....	132
III.6. CONCLUSIONES.....	135

#### **IV. OBTENCIÓN DE PRODUCTOS REESTRUCTURADOS A BASE DE DORADA (*Sparus aurata*)**

IV.1. INTRODUCCIÓN.....	143
IV.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	150
2.1. Objetivo general.....	150
2.2. Objetivos específicos.....	150
IV.3. PLAN DE TRABAJO.....	151
IV.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	155
4.1. Materia prima y preparación de la muestra.....	155
4.1.2. Otros ingredientes.....	156
4.2. Determinaciones analíticas.....	157
4.2.1. Humedad.....	157
4.2.2. Actividad de agua ( $a_w$ ).....	157
4.2.3. pH.....	157
4.2.4. Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	158
4.2.5. Propiedades ópticas.....	159
4.2.6. Ensayos mecánicos.....	159
4.3. Análisis sensorial.....	160
4.4. Análisis microbiológico.....	163
4.4.1. Preparación de la muestra.....	164
4.4.2. Aerobios mesófilos.....	165
4.4.3. Enterobacterias.....	165
4.4.4. <i>Staphylococcus aureus</i> .....	165

4.4.5. <i>Salmonella shigella</i> .....	166
4.5. Almacenamiento en refrigeración.....	167
4.6. Análisis de microestructura. Cryo-SEM.....	167
4.7. Análisis estadístico.....	168
IV.5. RESULTADOS.....	169
5.1. Obtención de una formulación base mediante la adición de transglutaminasa microbiana (MTGasa) combinada con NaCl a diferentes niveles.....	169
5.1.1. Humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y pH.....	171
5.1.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	175
5.1.3. Propiedades ópticas.....	178
5.1.4. Propiedades mecánicas.....	180
5.1.5. Análisis factorial de las muestras formuladas con NaCl y MTGasa.....	184
5.1.5.1. Análisis factorial de las muestras con NaCl y MTGasa sin tratamiento térmico.....	184
5.1.5.2. Análisis factorial de las muestras con NaCl y MTGasa con tratamiento térmico.....	186
5.1.6. Análisis sensorial.....	188
5.1.6.1. Análisis sensorial para la determinación del nivel de MTGasa.....	188
5.1.6.2. Análisis sensorial para la determinación del nivel de NaCl.....	193
5.1.7. Análisis estructural.....	198
5.2. Estudio de la evolución durante el almacenamiento con y sin tratamiento térmico de la formulación base seleccionada.....	201
5.2.1. Evolución durante el almacenamiento de la humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y pH.....	201
5.2.2. Evolución durante el almacenamiento de la	

---

capacidad de retención de agua (CRA).....	203
5.2.3. Evolución durante el almacenamiento de las propiedades ópticas.....	204
5.2.4. Evolución durante el almacenamiento de las propiedades mecánicas.....	206
5.2.5. Estudio microbiológico.....	209
5.2.5.1. Evolución de la calidad microbiológica de la fórmula base (F103) sin tratamiento térmico durante el almacenamiento en refrigeración.....	209
5.2.5.2. Evolución de la calidad microbiológica de la fórmula base (F103) con tratamiento térmico durante el almacenamiento en refrigeración.....	211
5.3. Obtención de reestructurados de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) con adición de fibra (konjac glucomanano, carboximetilcelulosa y goma xantana).....	213
5.3.1. Adición de Konjac Glucomanano (KGM) y Carboximetilcelulosa (CMC).....	214
5.3.1.1. Humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y pH.	215
5.3.1.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)	218
5.3.1.3. Propiedades ópticas.....	221
5.3.1.4. Propiedades mecánicas.....	222
5.3.1.5. Análisis factorial de las muestras formuladas con adición de fibra.....	227
5.3.1.5.1. Análisis factorial de las muestras con 1% de NaCl y 0,3% de MTGasa con KGM y CMC sin tratamiento térmico.....	227
5.3.1.5.2. Análisis factorial de las	

muestras con 1% de NaCl y 0,3% de MTGasa con KGM y CMC con tratamiento térmico.....	229
5.3.1.6. Análisis estructural.....	231
5.3.1.6.1. Análisis estructural de muestras sin tratamiento térmico.....	231
5.3.1.6.2. Análisis estructural de muestras con tratamiento térmico.....	233
5.3.2. Adición de Konjac glucomanano y goma Xantana.....	236
5.3.2.1. Humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y pH.	238
5.3.2.2. Capacidad de Retención de Agua (CRA)	239
5.3.2.3. Propiedades ópticas.....	241
5.3.2.4. Propiedades mecánicas.....	242
5.3.2.5. Análisis factorial de las muestras con 1% de NaCl y 0,3% de MTGasa con KGM y KGM+goma xantana sin tratamiento térmico.....	244
5.3.2.6. Análisis sensorial.....	247
5.3.2.7. Análisis estructural.....	254
5.3.2.7.1. Análisis estructural de muestras sin tratamiento térmico.....	254
5.3.2.7.2. Análisis estructural de muestras con tratamiento térmico.....	258
5.4. Estudio de la evolución durante el almacenamiento con y sin tratamiento térmico de la formulación fuente de fibra.....	261
5.4.1. Evolución durante el almacenamiento de la humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y pH.....	262
5.4.2. Evolución durante el almacenamiento de la capacidad de retención de agua (CRA).....	263

5.4.3. Evolución durante el almacenamiento de las propiedades ópticas.....	264
5.4.4. Evolución durante el almacenamiento de las propiedades mecánicas.....	267
5.4.5. Estudio microbiológico.....	269
5.4.5.1. Evolución de la calidad microbiológica de la fórmula fuente de fibra (F2) sin tratamiento térmico durante el almacenamiento en refrigeración.....	269
5.4.5.2. Evolución de la calidad microbiológica de la fórmula fuente de fibra (F2) con tratamiento térmico durante el almacenamiento en refrigeración.....	271
IV.6. CONCLUSIONES.....	273

**V. APLICACIÓN DE BIOCONSERVANTES PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DEL FILETE DE DORADA (*Sparus aurata*)**

V.1. INTRODUCCIÓN.....	283
1.1. Microbiología del pescado.....	283
1.1.1. Microbiología del tratamiento primario.....	283
1.1.2. Microbiología del pescado fresco.....	284
1.2. Conservación de alimentos.....	286
1.2.1. Fundamentos de conservación de alimentos.	286
1.2.2. Curva de crecimiento microbiano.....	286
1.2.3. Factores que influyen en la actividad microbiana.....	289
1.2.4. Procedimientos utilizados en la conservación de alimentos.....	293
1.2.5. Principales técnicas de conservación de	

alimentos.....	294
1.2.6. Necesidad de nuevas técnicas de conservación.....	295
1.3. Bioconservación.....	299
1.3.1. Cultivos iniciadores o starters.....	305
1.3.2. Cultivos protectores.....	300
1.3.3. Cultivos probióticos.....	302
1.3.4. Bacteriocinas.....	304
1.3.4.1. Importancia y clasificación de las bacteriocinas.....	307
1.3.4.2. Bacteriocinas más empleadas.....	309
1.3.4.2.1. Nisina.....	309
1.3.4.2.2. Otras bacteriocinas de interés....	311
1.3.4.3. Descripción de la técnica.....	311
1.3.4.4. Mecanismo de acción de la técnica considerada.....	312
1.3.4.5. Efectos sobre las propiedades nutricionales de los alimentos.....	314
1.3.4.6. Métodos de purificación.....	314
1.3.4.7. Aplicaciones industriales.....	315
1.3.4.8. Aspectos legislativos y regulación.....	316
1.4. Impregnación a vacío.....	318
V.2. OBJETIVOS.....	319
2.1. Objetivo general.....	319
2.2. Objetivos específicos.....	319
V.3. PLAN DE TRABAJO.....	320
V.4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	324
4.1. Materia prima y preparación de la muestra.....	324
4.1.1. Filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ).....	324
4.1.2. Microorganismos.....	324

---

4.1.3. Patrón de nisina.....	324
4.1.4. Medios de cultivo.....	325
4.2. Metodología.....	327
4.2.1. Análisis microbiológico de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ).....	327
4.2.1.1. Preparación y toma de muestra.....	327
4.2.1.2. Análisis microbiológicos.....	327
4.2.1.3. Análisis físico-químicos de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ).....	328
4.2.1.3.1. Determinación del contenido en humedad.....	328
4.2.1.3.2. Determinación de la actividad de agua ( $a_w$ ).....	329
4.2.1.3.3. Determinación del pH.....	329
4.2.1.3.4. Determinación del nitrógeno básico volátil total (TVBN).....	329
4.2.1.3.5. Determinación de las propiedades ópticas.....	330
4.2.2. Inóculos concentrados.....	331
4.2.3. Obtención de la curva de crecimiento de <i>Lactococcus lactis</i> .....	332
4.2.3.1. Preparación del inóculo.....	332
4.2.3.2. Curvas de crecimiento.....	332
4.2.3.3. Modelización de las curvas de crecimiento.....	333
4.2.3.4. Determinación de los parámetros de crecimiento.....	336
4.2.4. Medida de la actividad antimicrobiana.....	337
4.2.4.1. Preparación de los inóculos.....	338
4.2.4.2. Obtención del sustrato parcialmente	

purificado.....	338
4.2.5. Determinación de la actividad antimicrobiana del sustrato parcialmente purificado.....	340
4.2.6. Obtención de las curvas patrón de nisina frente a la cepa diana.....	341
4.2.7. Evaluación de la actividad bactericida de <i>Lactococcus lactis</i> "in vivo".....	342
4.2.7.1. Impregnación a vacío.....	343
4.2.7.2. Medios de impregnación.....	343
4.2.7.3. Análisis microbiológicos.....	344
4.2.7.4. Evaluación de los parámetros físico-químicos de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) impregnados con cultivos bioprotectores durante el almacenamiento en refrigeración.....	344
4.2.7.4.1. Determinación del contenido en humedad.....	344
4.2.7.4.2. Determinación de la actividad de agua ( $a_w$ ).....	344
4.2.7.4.3. Determinación del pH.....	344
4.2.7.4.4. Determinación del nitrógeno básico volátil total (TVBN).....	345
4.2.7.4.5. Determinación de las propiedades ópticas.....	345
4.3. Análisis estadístico.....	345
V.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	346
5.1. Evolución de la microbiota del pescado fresco ( <i>Sparus aurata</i> ) durante el almacenamiento en refrigeración.....	347
5.2. Evolución de los parámetros físico-químicos	

---

durante el almacenamiento en refrigeración de filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) en fresco.....	350
5.2.1. Humedad, actividad de agua, TVBN y pH.....	350
5.2.2. Propiedades ópticas.....	353
5.3. Caracterización del desarrollo de <i>L. lactis</i> en diferentes medios de cultivo.....	354
5.4. Actividad antimicrobiana de <i>Lactococcus lactis</i> . Estudio <i>in vitro</i> .....	358
5.4.1. Patrón dosis-respuesta de nisina.....	360
5.4.2. Actividad antimicrobiana de <i>Lactococcus lactis</i> frente a las cepas diana: <i>Listeria innocua</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> .....	364
5.4.2.1. Espectro de la actividad antimicrobiana de <i>Lactococcus lactis</i> frente a las cepas diana: <i>Listeria innocua</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> .....	365
5.4.2.2. Cuantificación de la actividad antimicrobiana de <i>Lactococcus lactis</i> frente a las cepas diana ( <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> ).....	367
5.4.2.3. Actividad antimicrobiana del cultivo celular y sustrato parcialmente purificado de <i>Lactococcus lactis</i> frente a los tres microorganismos diana ( <i>Listeria innocua</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> ) expresada como equivalentes de nisina (Log mg/L).....	370
5.5. Actividad antimicrobiana de la nisina y <i>Lactococcus lactis</i> in vivo. Estudio microbiológico y físico-químicos de las muestras tratadas.....	371
5.5.1. Evolución de la microbiota de los filetes de	

dorada ( <i>Sparus aurata</i> ), impregnados a vacío con nisina, durante el almacenamiento en refrigeración.	374
5.5.2. Evolución de la microbiota de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ), impregnados a vacío con <i>Lactococcus lactis</i> , durante el almacenamiento en refrigeración.....	377
5.5.3. Evolución de los parámetros físico-químicos durante el almacenamiento en refrigeración de filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) impregnados a vacío con nisina y con <i>Lactococcus lactis</i> .....	380
5.5.3.1. Humedad, actividad de agua, TVBN y pH.....	380
5.5.3.2. Propiedades ópticas.....	383
V.6. CONCLUSIONES.....	393

**VI. CONCLUSIONES**

---

395

**VII. BIBLIOGRAFÍA**

---

403

**VIII. ANEXOS**

---

469

---

**ÍNDICE DE FIGURAS**
**Capítulo I**


---

Figura I.1. DORADA (*Sparus aurata*) ..... 12

Figura I.2. Esqueleto del pez..... 12

**Capítulo III**


---

Figura III.1. Equipo de fritura a vacío (Gastrovac®)..... 77

Figura III.2. Perfil de temperaturas en filetes de dorada tratados a vacío (90 °C, 100 °C y 110 °C) y a presión atmosférica (165 °C)..... 84

Figura III.3. Variación de peso de los filetes de dorada en función del tiempo para las diferentes temperaturas de trabajo empleadas..... 88

Figura III.4. Variación de la humedad experimentada por los filetes de dorada (*Sparus aurata*) en función del tratamiento empleado..... 91

Figura III.5. Ajustes obtenidos para predecir la pérdida de agua con el modelo empírico de la raíz cuadrada del tiempo (izquierda) y el modelo exponencial (derecha) para la fritura a presión atmosférica (165 °C) y en condiciones de vacío continuo (90, 100 y 110 °C) ..... 93

Figura III.6. Variación del contenido graso experimentado por los filetes de dorada (*Sparus aurata*) en función del tratamiento empleado..... 96

Figura III.7. Ajustes obtenidos para predecir la ganancia de grasa con el modelo empírico de la raíz cuadrada del tiempo

(izquierda) y el modelo exponencial (derecha) para la fritura a presión atmosférica (165 °C) y en condiciones de vacío continuo (90, 100 y 110 °C) .....	100
Figura III.8. Evolución de la humedad y del contenido de aceite de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ): a) 90 °C y 15 kPa; b) 100 °C y 20 kPa; c) 110 °C y 25 kPa.....	104
Figura III.9. Evolución de la humedad y del contenido de aceite de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) a 165 °C y presión atmosférica.....	105
Figura III.10. Grado de encogimiento de los filetes de dorada para cada tiempo y temperatura de tratamiento de fritura aplicado.....	106
Figura III.11. Aspecto de los filetes de dorada antes (izquierda) y después (derecha) del tratamiento de fritura durante 10 minutos. (a) 90 °C vacío, (b) 100 °C vacío, (c) 110 °C vacío y (d) 165 °C presión atmosférica.....	108
Figura III.12. Ajustes obtenidos para predecir el grado de encogimiento experimentado por los filetes de dorada con el modelo empírico de la raíz cuadrada del tiempo para la fritura a presión atmosférica (165 °C) y en condiciones de vacío continuo (90, 100 y 110 °C).....	109
Figura III.13. Análisis Factorial. Representación en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas. El código de las muestras es V (vacío), los siguientes dos o tres dígitos la temperatura de fritura (90, 100 ó 110 °C) y los últimos dígitos el tiempo de fritura (de 0 a 10 minutos).....	111

---

Figura III.14. Evolución de $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $h_{ab}^*$ y $C_{ab}^*$ con el tiempo de tratamiento para cada temperatura empleada.....	117
Figura III.15. Perfil de temperaturas en filetes de dorada tratados a vacío (70 °C, 80 °C y 90 °C) y a presión atmosférica (100 °C).....	119
Figura III.16. Variación de peso de los filetes de dorada en función del tiempo para las diferentes temperaturas de trabajo empleadas.....	120
Figura III.17. Variación de la humedad experimentada por los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) en función del tratamiento empleado.....	122
Figura III.18. Ajustes obtenidos para predecir la pérdida de agua con el modelo empírico de la raíz cuadrada del tiempo (izquierda) y el modelo exponencial (derecha) para la cocción a presión atmosférica (100 °C) y en condiciones de vacío continuo (70, 80 y 90 °C).....	123
Figura III.19. Contenido de las series C16, C18, y de los ácidos grasos EPA y DHA para filetes de dorada tras veinte minutos de cocción tratados a vacío (70, 80 y 90 °C) y a presión atmosférica.....	129
Figura III.20. Grado de encogimiento de los filetes de dorada para cada tiempo y temperatura de tratamiento de cocción aplicado.....	130
Figura III.21. Aspecto de los filetes de dorada antes (izquierda) y después (derecha) del tratamiento de cocción durante 20 minutos. (a) 70 °C vacío, (b) 80 °C vacío, (c) 90 °C vacío y (d) 100 °C presión atmosférica.....	132

Figura III.22. Evolución de $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $h_{ab}^*$ y $C_{ab}^*$ con el tiempo para cada temperatura empleada.....	133
---	-----

### **Capítulo IV**

---

Figura IV.1. Molécula de la fibra de konjac glucomanano.....	147
Figura IV.2. Formación de carboximetilcelulosa sódica (CMC) a partir de la reacción de celulosa, sosa cáustica y ácido monocloroacético en condiciones óptimas.....	148
Figura IV.3. Estructura de la xantana.....	149
Figura IV.4. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de sal y de transglutaminasa empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	176
Figura IV.5. Valores de los parámetros mecánicos (dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad) obtenidos con el ensayo de TPA para las diferentes formulaciones en función del nivel de sal y de transglutaminasa (MTGasa) empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	182
Figura IV.6. Análisis Factorial. Representación en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas sin tratamiento térmico.....	186
Figura IV.7. Análisis Factorial. Representación en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas con tratamiento térmico.....	188
Figura IV.8. Análisis de correspondencias. Representación en	

---

el plano factorial, de los atributos elegidos (círculos) y las muestras evaluadas (triángulos).....	197
Figura IV.9. Micrografías de Cryo-SEM (x 2000) de: sección transversal del filete de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) (a), pasta de pescado fresca triturada sin nada (b), pasta de pescado fresca triturada con adición de 1% de NaCl (c), pasta de pescado fresca triturada con 0,3% de MTGasa (d), pasta de pescado fresca triturada con 1% de NaCl y embutida durante 24 h en refrigeración (e) y finalmente pasta de pescado con 1% de NaCl y 0,3% de MTGasa embutida y tras 24 h de refrigeración (f).....	200
Figura IV.10. Evolución durante el almacenamiento de la capacidad de retención de agua de la fórmula base (F103) sin tratamiento térmico (a) y con tratamiento térmico (b).....	203
Figura IV.11. Evolución de los parámetros mecánicos (dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad) obtenidos con el ensayo de TPA durante el almacenamiento de la fórmula base (F103) sin tratamiento térmico (a) y muestras tratadas térmicamente (b).....	208
Figura IV.12. Evolución de los microorganismos aerobios mesófilos y enterobacterias durante el almacenamiento de la fórmula base (F103) sin tratamiento térmico. Las líneas punteadas hacen referencia al valor marcado por la legislación española para cada microorganismo.....	210
Figura IV.13. Evolución de los microorganismos aerobios mesófilos durante el almacenamiento de la fórmula base (F103) con tratamiento térmico. La línea punteada hace referencia al valor marcado por la legislación española para	

aerobios mesófilos.....	212
Figura IV.14. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de konjac glucomanano y carboximetilcelulosa empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	220
Figura IV.15. Valores de los parámetros mecánicos (dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad) obtenidos con el ensayo de TPA para las diferentes formulaciones en función del nivel konjac glucomanano (KGM) y de carboximetilcelulosa (CMC) empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	224
Figura IV.16. Análisis Factorial. Representación en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas sin tratamiento térmico.....	228
Figura IV.17. Análisis Factorial. Representación, en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas con tratamiento térmico.....	230
Figura IV.18. Micrografías de Cryo-SEM (x 2000 a, b y c y x 7500 d, e y f) para muestras sin tratamiento térmico de: fórmula base (a y d), fórmula base con adición de konjac glucomanano (b y e) y fórmula base con adición de carboximetilcelulosa sódica (c y f).....	232
Figura IV.19. Micrografías de Cryo-SEM (x 2000 a, b y c y x 7500 d, e y f) para muestras con tratamiento térmico de: fórmula base (a y d), fórmula base con adición de konjac glucomanano (b y e) y fórmula base con adición de	

---

carboximetilcelulosa sódica (c y f).....	234
Figura IV.20. Valores de capacidad de retención de agua (CRA) obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de konjac glucomanano y goma xantana empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	241
Figura IV.21. Valores de los parámetros mecánicos dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad obtenidos con el ensayo de TPA para las diferentes formulaciones en función del nivel de konjac glucomanano y goma xantana empleado para las muestras frescas (a) y las muestras tratadas térmicamente (b).....	243
Figura IV.22. Análisis Factorial. Representación en el plano factorial, de las variables estudiadas y las muestras evaluadas sin tratamiento térmico.....	246
Figura IV.23. Análisis de correspondencias. Representación en el plano factorial, de los atributos elegidos (círculos) y las muestras evaluadas (cuadrados).....	253
Figura IV.24. Micrografías de Cryo-SEM (x 2000 a, b y c; x 7500 d, e y f) para muestras sin tratamiento térmico de: fórmula base (a y d), fórmula base con adición de konjac glucomanano (b y e) y fórmula base con adición de konjac glucomanano y goma xantana (c y f).....	257
Figura IV.25. Micrografías de Cryo-SEM (x 2000 a, b y c; x 7500 d, e y f) para muestras con tratamiento térmico de: fórmula base (a y d), fórmula base con adición de konjac glucomanano (b y e) y fórmula base con adición de konjac glucomanano y goma xantana (c y f).....	259

Figura IV.26. Evolución durante el almacenamiento de la capacidad de retención de agua de la fórmula enriquecida con fibra (F2) sin tratamiento térmico (a) y con tratamiento térmico (b).....	264
Figura IV.27. Evolución de los parámetros mecánicos (dureza, adhesividad, cohesividad, gomosidad y elasticidad) obtenidos con el ensayo de TPA durante el almacenamiento de la fórmula enriquecida con fibra (F2) sin tratamiento térmico (a) y con tratamiento térmicamente (b).....	268
Figura IV.28. Evolución de los microorganismos aerobios mesófilos y enterobacterias durante el almacenamiento de la fórmula enriquecida con fibra (F2) sin tratamiento térmico. Las líneas punteadas hacen referencia al valor marcado por la legislación española para cada microorganismo.....	270
 <b>Capítulo V</b>	
Figura V.1. Esquema de la curva de crecimiento microbiano..	287
Figura V.2. Clasificación de bacteriocinas.....	308
Figura V.3. Características de la utilización de bacteriocinas en industria alimentaria.....	312
Figura V.4. Formación de poros en la membrana fosfolipídica por interacción entre la bacteriocina nisina y el lípido II.....	313
Figura V.5. Diagrama del plan de trabajo realizado para la consecución de los objetivos propuestos en el presente capítulo.....	323
Figura V.6. Recuentos de aerobios mesófilos, enterobacterias y bacterias ácido lácticas en filetes de	

dorada ( <i>Sparus aurata</i> ), durante el almacenamiento en refrigeración. Las líneas punteadas hacen referencia al valor marcado por la legislación española para cada microorganismo.....	349
Figura V.7. Evolución de los parámetros de humedad, $a_w$ , pH y TVBN durante el almacenamiento de los filetes de dorada ( <i>Spaurs aurata</i> ) en fresco.....	351
Figura V.8. Evolución de las coordenadas colorimétricas ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $h_{ab}^*$ y $C_{ab}^*$ ) durante el almacenamiento de los filetes de dorada ( <i>Spaurs aurata</i> ) en fresco.....	354
Figura V.9. Modelización de las curvas de crecimiento de <i>L. lactis</i> en los cuatro medios en estudio: a) MRS, b) YGLPB, c) óptimo 1 y d) óptimo 2.....	356
Figura V.10. Actividad antimicrobiana de la nisina frente a <i>Listeria innocua</i> : a) halo de inhibición generado para las distintas concentraciones de nisina analizadas y b) ajuste lineal y ecuación que relaciona la concentración de nisina y el halo de inhibición.....	361
Figura V.11. Actividad antimicrobiana de la nisina frente a <i>Lactobacillus sakei</i> : a) halo de inhibición generado para las distintas concentraciones de nisina analizadas y b) ajuste lineal y ecuación que relaciona la concentración de nisina y el halo de inhibición.....	362
Figura V.12. Actividad antimicrobiana de la nisina frente a <i>Bacillus cereus</i> : a) halo de inhibición generado para las distintas concentraciones de nisina analizadas y b) ajuste lineal y ecuación que relaciona la concentración de nisina y el halo de inhibición.....	362

Figura V.13. Diámetros de los halos de inhibición (media y desviación estándar) obtenidos para los sustratos (CC:cultivo celular, SPP:sustrato parcialmente purificado), procedentes de <i>L. lactis</i> , obtenidos tras 4 y 6 horas de incubación en los cuatro medios de cultivo ensayados (MRS, YGLPB, óptimo 1 y óptimo 2), frente a <i>B. cereus</i> y <i>L. sakei</i> .....	368
Figura V.14. Micrografía Cryo-SEM de filete de dorada. (a) x350, (b) x 2000.....	373
Figura V.15. Recuentos de aerobios mesófilos, enterobacterias y bacterias ácido lácticas en filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ), impregnados a vacío con nisina, durante el almacenamiento en refrigeración. Las líneas punteadas hacen referencia al valor marcado por la legislación española para cada microorganismo.....	376
Figura V.16. Recuentos de aerobios mesófilos y bacterias ácido lácticas, en filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) impregnados a vacío con <i>Lactococcus lactis</i> , durante el almacenamiento en refrigeración. La línea punteada hace referencia al valor marcado por la legislación española para los microorganismos aerobios mesófilos.....	379
Figura V.17. Evolución de los parámetros de humedad, $a_w$ , pH y TVBN durante el almacenamiento de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) impregnados con nisina y con <i>Lactococcus lactis</i> .....	383
Figura V.18. Evolución de las coordenadas de color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ , $h_{ab}^*$ y $C_{ab}^*$ ) durante el almacenamiento en refrigeración de filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ) sin impregnar, impregnados a vacío con nisina y con <i>Lactococcus lactis</i> .....	386

---

**ÍNDICE DE TABLAS**


---

**Capítulo I**


---

Tabla I.1. Composición (por 100 g de porción comestible).....	14
---	----

---

**Capítulo III**


---

Tabla III.1. Principales ventajas y desventajas de la fritura frente a otros tipos de cocción.....	45
Tabla III.2. Caracterización de las muestras frescas.....	83
Tabla III.3. Coeficientes de regresión ( $R^2$ ) y parámetros de ajuste para los dos modelos empíricos empleados para la pérdida de agua.....	93
Tabla III.4. Parámetros de ajuste para modelos cinéticos empleados para la pérdida de agua en el proceso de fritura...	95
Tabla III.5. Coeficientes de regresión ( $R^2$ ) y parámetros de ajuste para los dos modelos empíricos empleados para la ganancia de grasa.....	101
Tabla III.6. Parámetros de ajuste para modelos cinéticos empleados para la ganancia de aceite en el proceso de fritura.....	103
Tabla III.7. Coeficientes de regresión ( $R^2$ ) y parámetros de ajuste para los dos modelos empíricos empleados para el encogimiento de los filetes de dorada.....	110
Tabla III.8. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	110
Tabla III.9. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	111

Tabla III.10. Porcentaje de compuestos polares presentes en el aceite después de la fritura en función de la temperatura. Valores promedio (SD).....	113
Tabla III.11. Coeficientes de regresión (R <sup>2</sup> ) y parámetros de ajuste para los dos modelos empíricos empleados para la pérdida de agua.....	124
Tabla III.12. Efecto de las condiciones de cocción (temperatura, tiempo y método de cocción) sobre el contenido proteico de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> )....	125
Tabla III.13. Efecto de las condiciones de cocción (temperatura, tiempo y método de cocción) sobre el contenido graso de los filetes de dorada ( <i>Sparus aurata</i> ).....	126
Tabla III.14. Perfil lipídico para filetes de dorada tras veinte minutos de cocción tratados a vacío (70, 80 y 90 °C) y a presión atmosférica.....	127
Tabla III.15. Porcentaje de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados con series n-3 y n-6 para filetes de dorada tras veinte minutos de cocción tratados a vacío (70, 80 y 90 °C) y a presión atmosférica.....	128

#### **Capítulo IV**

---

Tabla IV.1. Límites legislativos vigentes de los diferentes microorganismos en los texturizados frescos y cocidos.....	164
Tabla IV.2. Formulaciones estudiadas para la obtención de la fórmula base.....	171

---

Tabla IV.3. Valores de humedad, aw y pH obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de NaCl y transglutaminasa microbiana (MTGasa) presente en la misma así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	172
Tabla IV.4. Coordenadas de color CIEL*a*b*, tono (hab*) y croma (Cab*) de las diferentes formulaciones estudiadas en función del nivel de NaCl y MTGasa, así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	179
Tabla IV.5. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	184
Tabla IV.6. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	185
Tabla IV.7. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	187
Tabla IV.8. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	187
Tabla IV.9. Frecuencia de las respuestas de los catadores en la comparación pareada múltiple de las formulaciones con diferentes niveles de transglutaminasa.....	189
Tabla IV.10. Valores T de Friedman para los distintos atributos analizados.....	190
Tabla IV.11. Diferencia entre la suma de rangos para las formulaciones estudiadas.....	191
Tabla IV.12. Frecuencia de las respuestas de los catadores en la comparación pareada múltiple de las formulaciones con diferentes niveles de NaCl.....	193

Tabla IV.13. Valores T de Friedman para los distintos atributos analizados.....	194
Tabla IV.14. Diferencia entre la suma de rangos para las formulaciones estudiadas.....	195
Tabla IV.15. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis de correspondencias.....	196
Tabla IV.16. Contribución de los factores a la inercia de las formulaciones.....	196
Tabla IV.17. Contribución de los factores a la inercia de cada atributo.....	196
Tabla IV.18. Evolución de los parámetros de humedad, $a_w$ y pH durante el almacenamiento de la fórmula base (F103). Valores promedio (SD).....	202
Tabla IV.19. Evolución de las coordenadas colorimétricas CIEL*a*b*, el tono (hab*) y el croma (Cab*), durante el almacenamiento de la fórmula base (F103). Valores promedio (SD).....	205
Tabla IV.20. Formulaciones estudiadas con konjac glucomanano y carboximetilcelulosa.....	215
Tabla IV.21. Valores de humedad, $a_w$ y pH obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de konjac glucomanano y carboximetilcelulosa así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	217
Tabla IV.22. Coordenadas de color CIEL*a*b*, tono (hab*) y croma (Cab*) de las diferentes formulaciones estudiadas en función del nivel de konjac glucomanano y	

---

carboximetilcelulosa, así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	221
Tabla IV.23. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	227
Tabla IV.24. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	228
Tabla IV.25. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	229
Tabla IV.26. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	230
Tabla IV.27. Formulaciones estudiadas con konjac glucomanano y goma xantana.....	236
Tabla IV.28. Valores de humedad, aw y pH obtenidos para las diferentes formulaciones en función del nivel de konjac glucomanano y goma xantana así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	239
Tabla IV.29. Coordenadas de color CIEL*a*b*, tono (hab*) y croma (Cab*) de las diferentes formulaciones estudiadas en función del nivel de konjac glucomanano y goma xantana, así como del tratamiento térmico. Valores promedio (SD).....	242
Tabla IV.30. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis factorial.....	245
Tabla IV.31. Distribución de las diferentes variables y sus pesos sobre cada uno de los factores.....	245
Tabla IV.32. Frecuencia de las respuestas de los catadores en la comparación pareada múltiple de las formulaciones	

estudiadas.....	248
Tabla IV.33. Valores T de Friedman para los distintos atributos analizados.....	249
Tabla IV.34. Diferencia entre la suma de rangos para las formulaciones estudiadas.....	250
Tabla IV.35. Porcentaje de variabilidad explicado por los factores del análisis de correspondencias.....	251
Tabla IV.36. Contribución de los factores a la inercia de las formulaciones.....	252
Tabla IV.37. Contribución de los factores a la inercia de cada atributo.....	252
Tabla IV.38. Evolución de los parámetros de humedad, aw y pH durante el almacenamiento de la fórmula enriquecida con fibra (F2). Valores promedio (SD).....	263
Tabla IV.39. Evolución de las coordenadas colorimétricas CIEL*a*b*, el tono (hab*) y el croma (Cab*), durante el almacenamiento de la fórmula enriquecida con fibra (F2). Valores promedio (SD).....	266

## **Capítulo V**

---

Tabla V.1. Principales métodos de conservación de los alimentos.....	295
Tabla V.2. Tipos de cultivos y sus funciones.....	299
Tabla V.3. Composición del medio óptimo 1 en g/L.....	326
Tabla V.4. Composición del medio óptimo 2 en g/L.....	326

---

Tabla V.5. Concentraciones de los inóculos.....	332
Tabla V.6. Distribución de los inóculos en los pocillos para la determinación de la actividad antimicrobiana por el método de difusión en agar.....	341
Tabla V.7. Límites legislativos vigentes de los diferentes microorganismos para productos de la pesca frescos.....	348
Tabla V.8. Parámetros de crecimiento de <i>L. lactis</i> en los cuatro medios de cultivos analizados.....	356
Tabla V.9. Ecuaciones correspondientes a los ajustes lineales obtenidos a partir de las rectas correspondientes a las representaciones del log de la concentración de nisina versus diámetro de halo de inhibición frente a las tres cepas indicadoras ( <i>L. innocua</i> , <i>L. sakei</i> y <i>B. cereus</i> ).....	364
Tabla V.10. Resumen del espectro de actividad antimicrobiana del cultivo celular y sustrato parcialmente purificado de <i>Lactococcus lactis</i> frente a los tres microorganismos diana ( <i>Listeria innocua</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> ).....	366
Tabla V.11. Actividad antimicrobiana del cultivo celular y el sustrato parcialmente purificado de <i>Lactococcus lactis</i> frente a los tres microorganismos diana ( <i>Listeria innocua</i> , <i>Lactobacillus sakei</i> y <i>Bacillus cereus</i> ) expresada como equivalentes de nisina (Log mg/L).....	371
Tabla V.12. Peso inicial, incremento de peso y porcentaje de impregnación de los filetes de dorada sometidos a los distintos tratamientos de conservación. Valores promedio (SD).....	373

