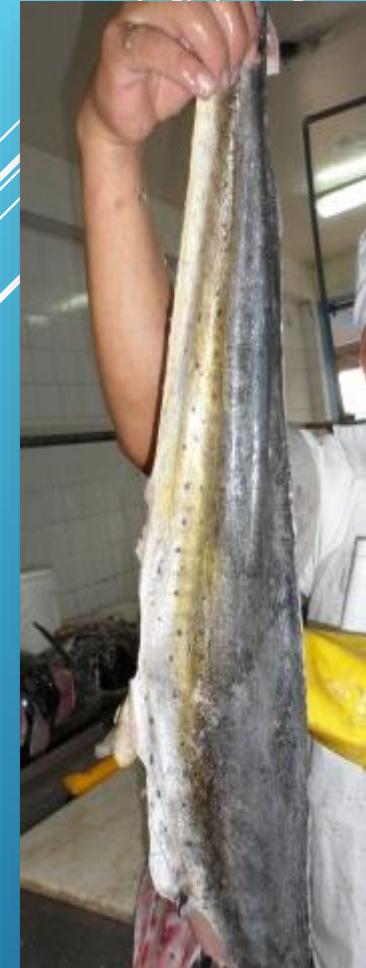


POLÍMEROS BIODEGRADABLES A PARTIR DE PIEL DE PESCADO

Ing. Pesq. Silvia E. Pandia Estrada



INTRODUCCIÓN



Según el último informe de la FAO, 1300 millones de toneladas de alimentos se desperdician anualmente !!!



INTRODUCCIÓN



Los residuos de pescado (pieles) poseen un alto contenido de colágeno tipo I ($> 80\%$). El colágeno insoluble presente en la piel es convertido a su forma soluble (gelatina) según los parámetros fisicoquímicos de extracción al que es sometido.

La gelatina es conocida por formar películas claras, flexibles, fuertes e impermeables al oxígeno cuando se moldean películas a partir de soluciones acuosas en presencia de plastificantes (Gennadios, 2002). Los revestimientos comestibles con gelatina reducen el oxígeno, la humedad y la migración de aceite y pueden transportar agentes antioxidantes o antimicrobianos.

INTRODUCCIÓN

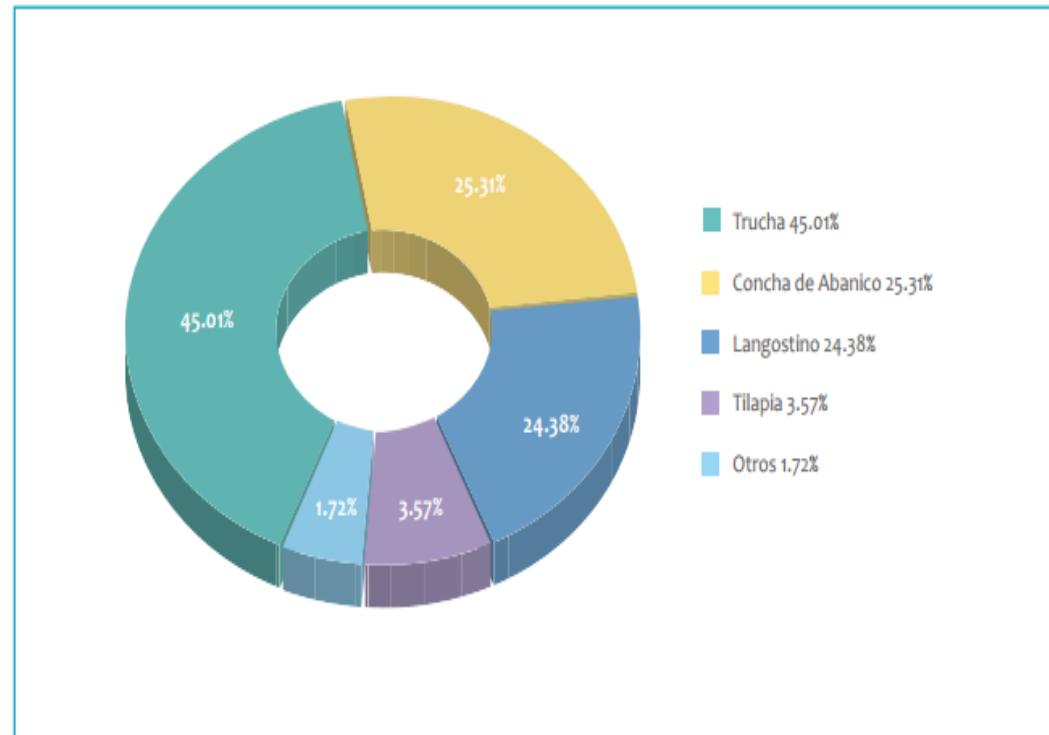
**PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2015
(TM)**

Ámbito / Especie	Total	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Total	90 976,44	7 578,81	9 234,64	10 242,83	7 829,21	6 050,12	7 528,86	6 586,66	6 352,08	7 057,00	7 657,6	6 699,67	8 158,40
Continental	45 757,96	2 570,44	3 389,42	5 109,82	3 982,71	2 801,91	4 621,70	4 019,47	3 522,88	3 339,51	3 846,03	3 711,27	4 842,80
Boquichico	8,99	0,61	3,75	1,58	-	-	0,89	0,77	0,51	0,07	0,43	0,38	-
Camarón Gigante de Malasia	22,55	2,13	1,74	2,11	2,42	2,28	1,92	1,52	1,33	1,72	2,39	1,56	1,43
Carachama	4,48	0,54	0,20	-	0,03	0,38	0,61	0,33	0,45	0,20	1,07	0,41	0,27
Carpa	4,01	0,40	0,45	0,36	0,42	0,39	0,27	0,24	0,06	0,05	0,53	0,49	0,35
Gamitana	298,50	19,03	30,94	18,61	13,73	25,67	45,96	19,75	18,32	20,15	34,58	25,32	26,43
Paco	825,33	58,51	78,45	82,35	69,37	67,24	59,92	53,78	55,38	53,61	99,96	71,49	75,26
Pacotana / Gamipaco	219,08	22,49	22,52	17,98	21,16	19,54	14,46	13,05	6,02	2,43	30,62	31,13	17,67
Paiche	135,13	0,11	2,44	0,89	0,15	0,23	1,29	15,13	14,29	0,21	40,04	0,39	59,96
Sábalo	33,09	3,67	0,90	0,30	1,40	0,82	14,40	0,20	0,20	8,20	1,40	0,20	1,40
Tilapia	3 250,19	271,84	277,05	298,76	265,36	283,56	206,66	217,14	283,77	269,72	246,25	314,58	315,49
Trucha	40 946,49	2 190,25	2 970,88	4 684,97	3 607,26	2 400,96	4 274,20	3 697,55	3 142,51	2 981,51	3 388,28	3 264,10	4 344,01
Otros	10,11	0,85	0,10	1,90	1,40	0,84	1,12	0,00	0,04	1,64	0,49	1,20	0,54
Maricultura	45 218,48	5 008,37	5 845,22	5 133,01	3 846,50	3 248,21	2 907,16	2 567,19	2 829,20	3 717,48	3 811,5	2 988,41	3 315,61
Algas	1,58	0,20	0,30	0,18	-	0,20	0,25	-	0,10	0,20	0,15	-	-
Concha de Abanico 1/	23 028,58	3 332,09	3 467,97	2 348,68	1 612,96	1 086,23	1 081,31	1 009,60	1 151,03	2 507,08	2 334,84	1 782,52	1 314,27
Langostino	22 183,32	1 675,94	2 376,72	2 783,99	2 233,44	2 161,56	1 825,56	1 557,25	1 677,92	1 210,08	1 474,09	1 205,60	2 001,16
Lenguado	4,42	0,14	0,23	0,15	0,10	0,23	0,04	0,34	0,15	0,12	2,46	0,28	0,18
Otros	0,58	0,20	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00

1/ Incluye cosecha de Parachique correspondiente a las asociaciones formalizadas a fines del periodo 2009 e inicio del 2010

Fuente: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas

**PERÚ: COSECHA DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS PROCEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE ACUICULTURA SEGÚN ÁMBITO Y ESPECIE, 2015
(TM)**



OBJETIVO GENERAL

Obtener polímeros biodegradables comestibles a partir de piel de pescado con propiedades bioactivas y utilizarlo como *coating* en productos pesqueros para incrementar su vida útil.

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



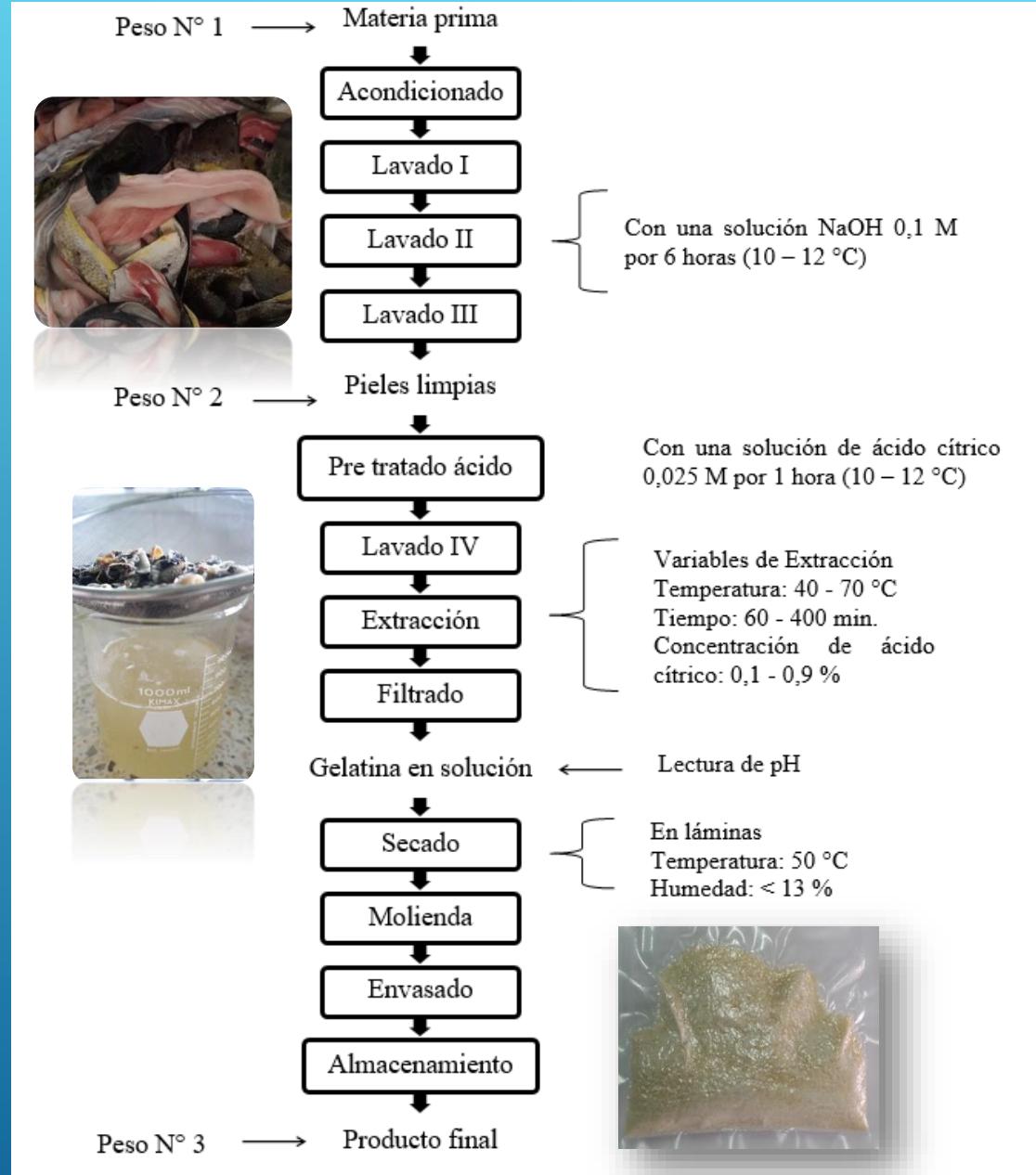


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de gelatina de piel de perico



Película o recubrimiento?

Un recubrimiento o cobertura comestible es una capa formada como un revestimiento sobre el alimento, mientras que una película es una capa ya prefabricada que se aplica sobre el producto.

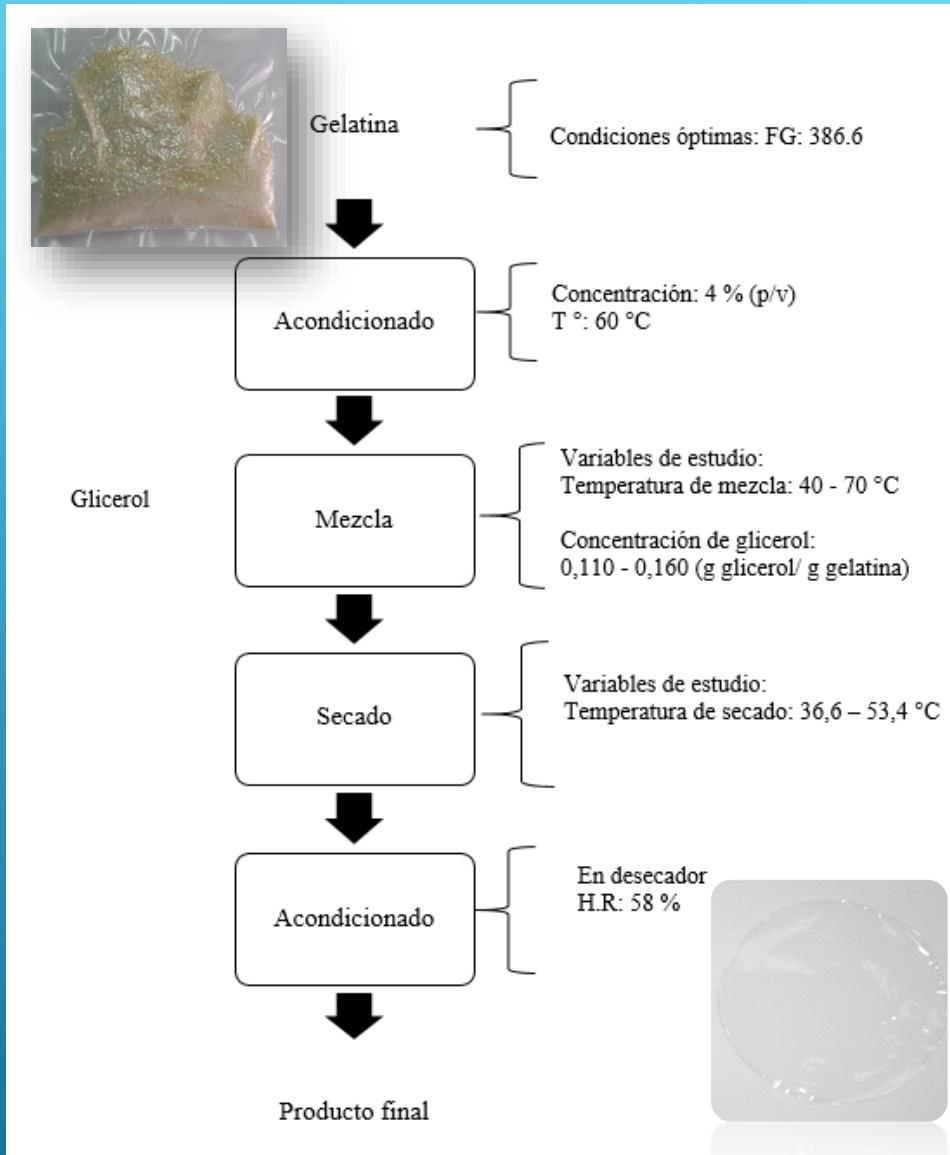
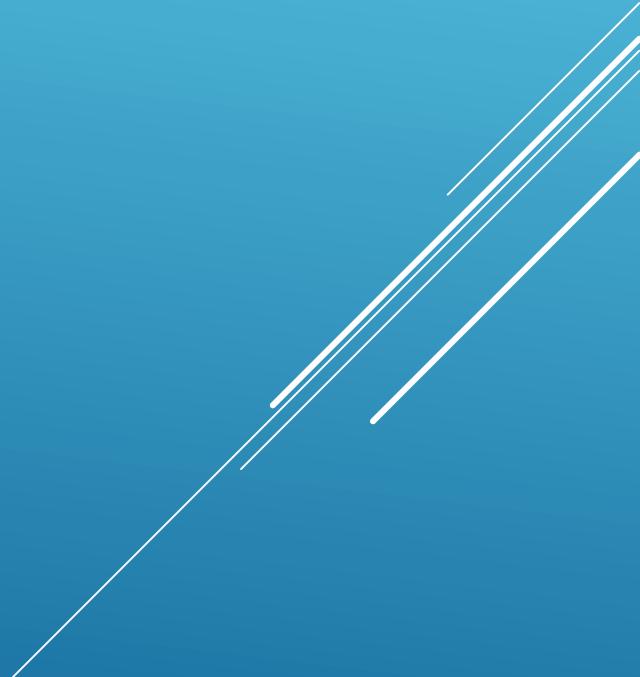


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de películas biodegradables

RESULTADOS Y DISCUSIONES



Obtención de gelatina

Tabla 1. Variables independientes y sus niveles utilizados en el DCC

Variable	Unidad	Símbolo	Niveles de las variables codificadas				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Temperatura	°C	X ₁	40,0	46,1	55,0	63,9	70,0
Tiempo	minutos	X ₂	60	129	230	331	400
Concentración de ácido cítrico	% (w/v)	X ₃	0,10	0,26	0,50	0,74	0,90



Figura 2. Pieles de perico frescas

Tabla 2. Arreglo de experimentos utilizados en el DCC

Tratamiento	X1 Temperatura (°C)	X2 Tiempo (min)	X3 Concentración de ácido cítrico (%)
1	46,1	129	0,26
2	63,9	129	0,26
3	46,1	331	0,26
4	63,9	331	0,26
5	46,1	129	0,74
6	63,9	129	0,74
7	46,1	331	0,74
8	63,9	331	0,74
9	40,0	230	0,50
10	70,0	230	0,50
11	55,0	60	0,50
12	55,0	400	0,50
13	55,0	230	0,10
14	55,0	230	0,90
15	55,0	230	0,50
16	55,0	230	0,50
17	55,0	230	0,50
18	55,0	230	0,50
19	55,0	230	0,50
20	55,0	230	0,50

Tabla 3. Variables independientes y sus niveles utilizados para el DCC

Variable	Unidad	Símbolo	Niveles de las variables codificadas				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Temperatura	°C	X ₁	40,0	46,1	55,0	63,9	70,0
Tiempo	minutos	X ₂	60	129	230	331	400
Concentración de ácido cítrico	% (w/v)	X ₃	0,10	0,26	0,50	0,74	0,90



Figura 3. Solución de gelatina extraída de la piel de perico

Tabla 4. Resultados de fuerza de gel y rendimiento de extracción - DCC

Tratamiento	X1 Temperatura (°C)	X2 Tiempo (min)	X3 Concentración de ácido cítrico (%)	Fuerza de Gel observada (g)	Rendimiento de extracción de proteína observado (%)
1	46,1	129	0,26	454,2	57,89
2	63,9	129	0,26	350,0	70,13
3	46,1	331	0,26	396,9	63,02
4	63,9	331	0,26	346,7	73,41
5	46,1	129	0,74	404,5	57,41
6	63,9	129	0,74	338,0	69,59
7	46,1	331	0,74	381,4	60,10
8	63,9	331	0,74	335,3	72,08
9	40,0	230	0,50	390,1	54,10
10	70,0	230	0,50	287,3	73,38
11	55,0	60	0,50	409,5	64,93
12	55,0	400	0,50	370,8	70,64
13	55,0	230	0,10	423,3	65,70
14	55,0	230	0,90	360,9	64,11
15	55,0	230	0,50	388,8	68,45
16	55,0	230	0,50	383,3	68,34
17	55,0	230	0,50	394,3	67,90
18	55,0	230	0,50	390,5	68,01
19	55,0	230	0,50	396,9	68,05
20	55,0	230	0,50	386,0	68,15

Gráficos de contorno de las variables respuesta: fuerza de gel y rendimiento de extracción

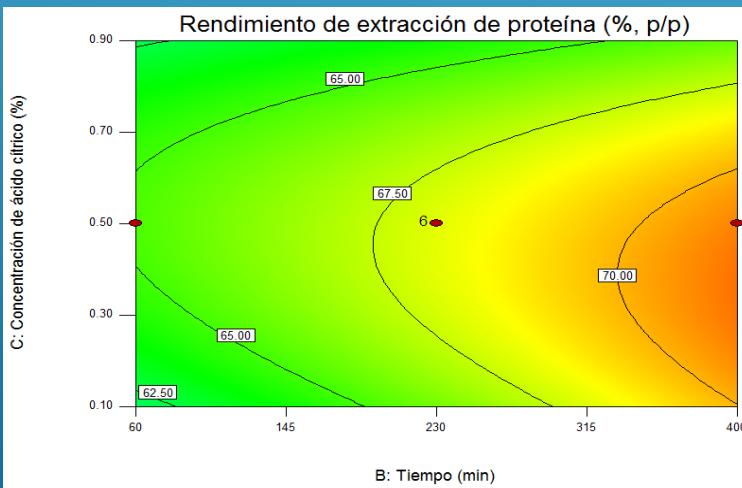
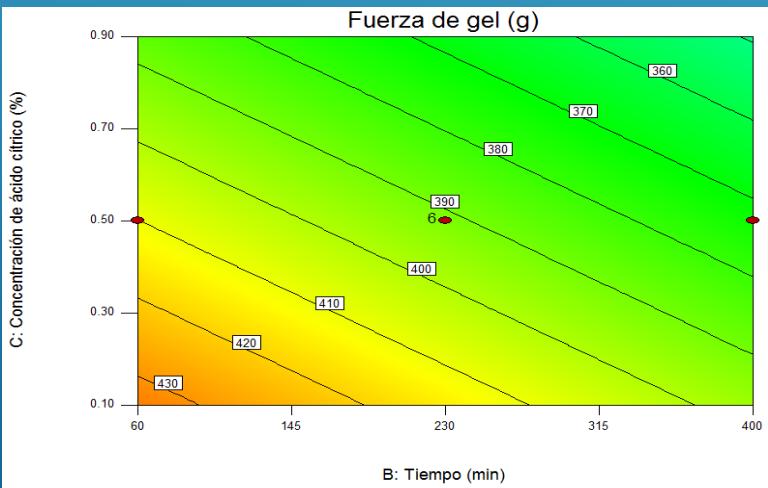
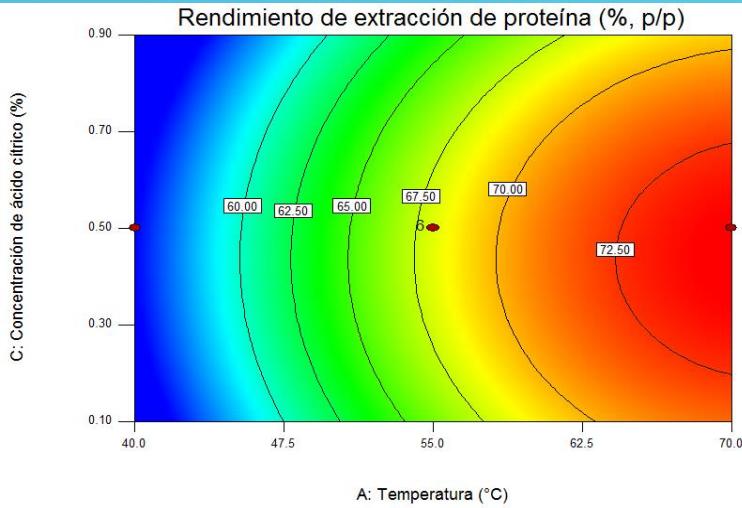
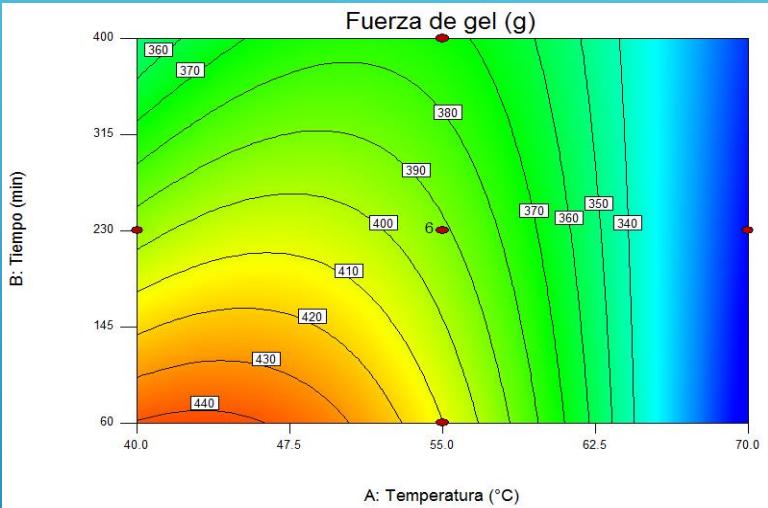




Tabla 5. Parámetros de optimización para la extracción de gelatina de piel de perico

Solución de optimización			Respuestas predichas		Deseabilidad global
X_1 Temperatura (°C)	X_2 Tiempo (min)	X_3 Concentración de ácido cítrico (%)	Fuerza de gel (Y_1) (Fuerza bloom, g)	Rendimiento de extracción de proteína (Y_2) (%, p/p)	
56,8	331	0,26	389,1	70,72	0,912

Tabla 6. CQP de gelatina de piel de perico

COMPONENTE	GELATINA PIEL DE PERICO (GPP)	
	Base Húmeda	Base Seca
Humedad (%)	6,8 ± 0,11	
Proteína (%)	88,3 ± 0,04	94,8 ± 0,07
Grasa (%)	0,2 ± 0,04	0,2 ± 0,04
Ceniza (%)	1,0 ± 0,01	1,0 ± 0,01

Tabla 7. Rendimientos de extracción de gelatina de piel de perico

Muestra	Peso (kg)	Rendimiento (%)
Piel de perico con carne y escamas (1)	16,1	
Piel de perico sin carne y sin escamas (2)	4,3	
Piel de perico con tratamiento ácali (3)	3,8	
Gelatina piel perico seca (respecto a 1)	0,798	5,0 %
Gelatina piel perico seca (respecto a 2)	0,798	18,6 %

Obtención de películas biodegradables

Tabla 3. Variables independientes y sus niveles utilizados en el DCC

Variable	Unidad	Símbolo	Niveles de las variables codificadas				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Temperatura de proceso	°C	X ₁	40,0	46,1	55,0	63,9	70,0
Concentración de glicerol	g glicerol/g gelatina	X ₂	0,110	0,120	0,135	0,150	0,160
Temperatura de secado	°C	X ₃	36,6	40	45	50	53,4



Tabla 4. Arreglo de experimentos utilizados en el DCC

Tratamiento	X1 Temperatura de proceso (°C)	X2 Concentración de glicerol (g glicerol/g gelatina)	X3 Temperatura de secado (°C)
1	46,1	0,12	40
2	63,9	0,12	40
3	46,1	0,15	40
4	63,9	0,15	40
5	46,1	0,12	50
6	63,9	0,12	50
7	46,1	0,15	50
8	63,9	0,15	50
9	40,032	0,135	45
10	69,968	0,135	45
11	55,0	0,109	45
12	55,0	0,160	45
13	55,0	0,135	36,591
14	55,0	0,135	53,409
15	55,0	0,135	45
16	55,0	0,135	45
17	55,0	0,135	45
18	55,0	0,135	45
19	55,0	0,135	45
20	55,0	0,135	45

Tabla 3. Variables independientes y sus niveles utilizados en el DCC

Variable	Unidad	Símbolo	Niveles de las variables codificadas				
			-1,682	-1	0	+1	+1,682
Temperatura de proceso	°C	X ₁	40,0	46,1	55,0	63,9	70,0
Concentración de glicerol	g glicerol/g gelatina	X ₂	0,110	0,120	0,135	0,150	0,160
Temperatura de secado	°C	X ₃	36,6	40	45	50	53,4



Tabla 4. Arreglo de experimentos utilizados en el DCC

Tratamiento	X ₁ Temperatura de proceso (°C)	X ₂ Concentración de glicerol (g glicerol/g gelatina)	X ₃ Temperatura de secado (°C)	Y ₁ Resistencia a la tracción (MPa)	Y ₂ Elongación (mm)
1	46,1	0,12	40	16,52 ± 1,48	2,26 ± 0,15
2	63,9	0,12	40	9,00 ± 1,04	6,04 ± 0,23
3	46,1	0,15	40	8,00 ± 1,21	32,9 ± 0,07
4	63,9	0,15	40	3,41 ± 0,23	58,49 ± 0,07
5	46,1	0,12	50	20,98 ± 0,03	3,20 ± 1,47
6	63,9	0,12	50	10,38 ± 0,57	30,58 ± 2,43
7	46,1	0,15	50	7,91 ± 0,80	20,14 ± 3,07
8	63,9	0,15	50	3,54 ± 0,42	54,53 ± 4,22
9	40,032	0,135	45	15,58 ± 0,58	6,8 ± 0,11
10	69,968	0,135	45	5,00 ± 0,04	40,97 ± 0,30
11	55,0	0,109	45	16,08 ± 0,58	3,05 ± 1,20
12	55,0	0,160	45	2,90 ± 0,24	58,61 ± 2,30
13	55,0	0,135	36,591	9,01 ± 0,90	35,12 ± 1,26
14	55,0	0,135	53,409	11,79 ± 0,86	28,77 ± 0,89
15	55,0	0,135	45	9,37 ± 1,61	30,59 ± 1,55
16	55,0	0,135	45	9,59 ± 0,71	35,19 ± 1,89
17	55,0	0,135	45	8,79 ± 0,80	31,89 ± 1,34
18	55,0	0,135	45	9,00 ± 0,41	33,18 ± 1,53
19	55,0	0,135	45	9,32 ± 0,87	34,92 ± 2,16
20	55,0	0,135	45	9,33 ± 0,36	34,87 ± 1,88

Gráficos de contorno de las variables respuesta: resistencia a la tracción y elongación

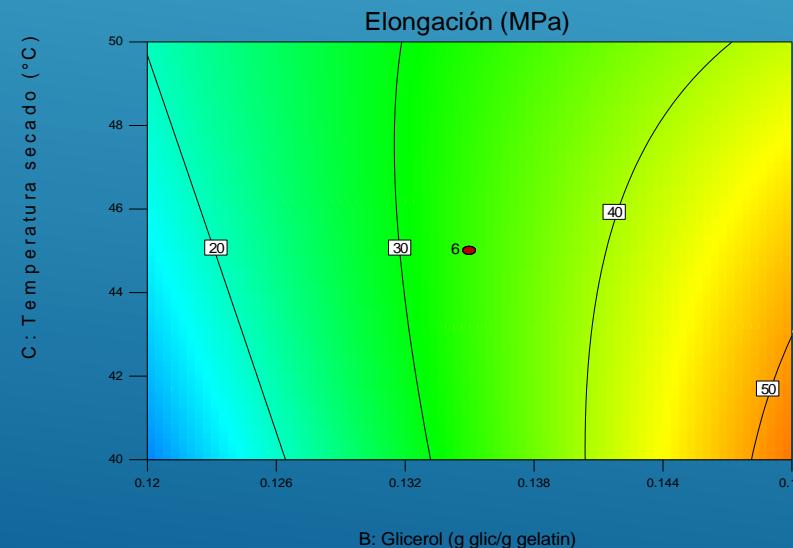
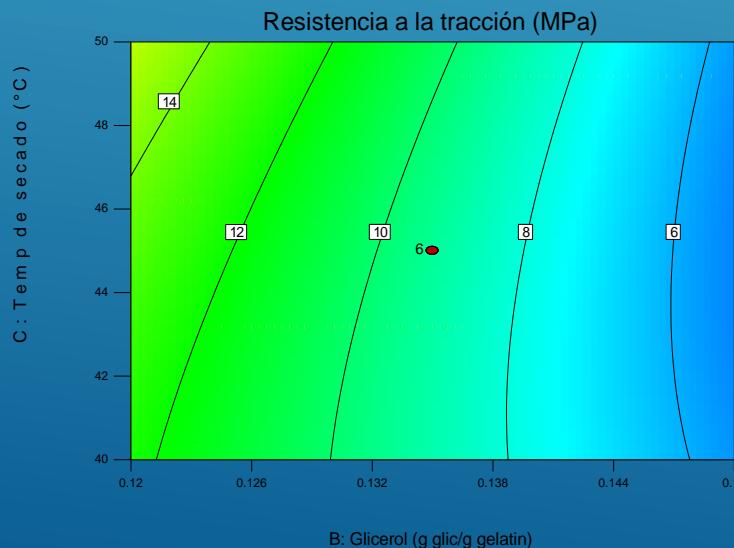
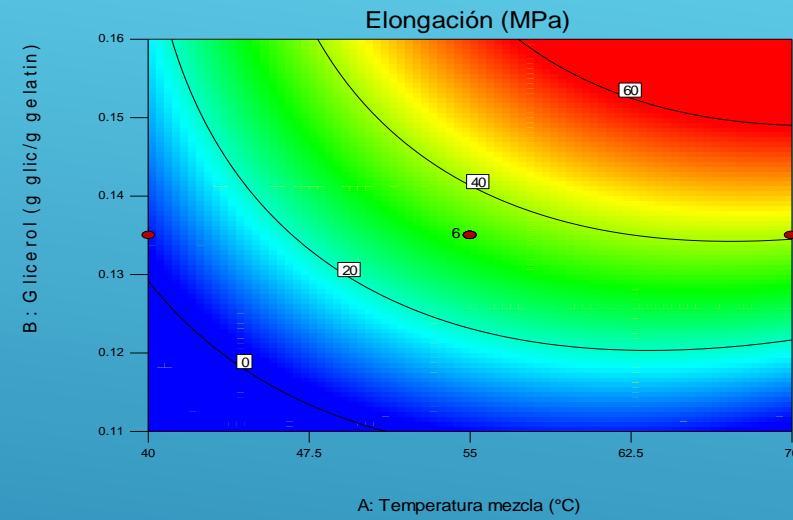
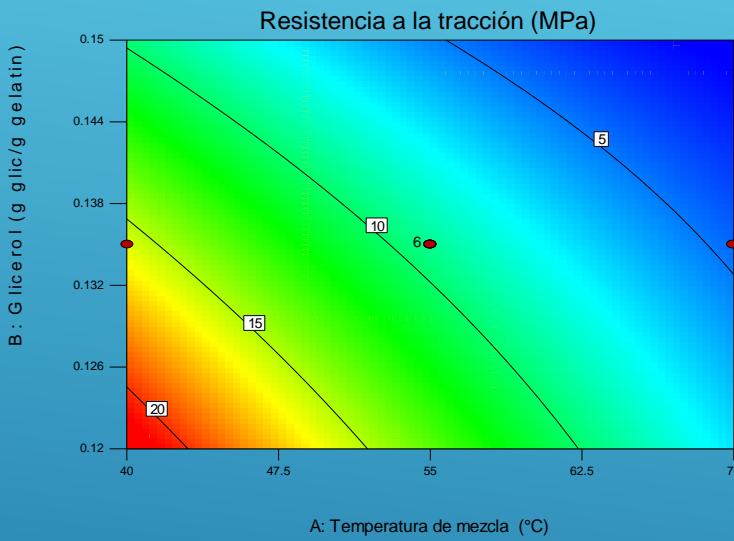
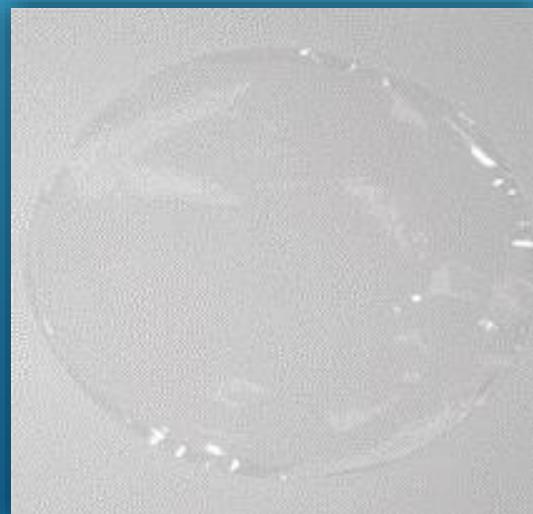


Tabla 5. Parámetros de optimización para la obtención de películas biodegradables

SOLUCIÓN DE OPTIMIZACIÓN			RESPUESTAS PREDICHAS		Deseabilidad global
X_1 Temperatura	X_2 Concentración de glicerol (%)	X_3 Temperatura de secado (°C)	Y_1 Resistencia a la tracción (MPa)	Y_2 Elongación (mm)	
59,9	0,134	50	8,80	38,4	0,512

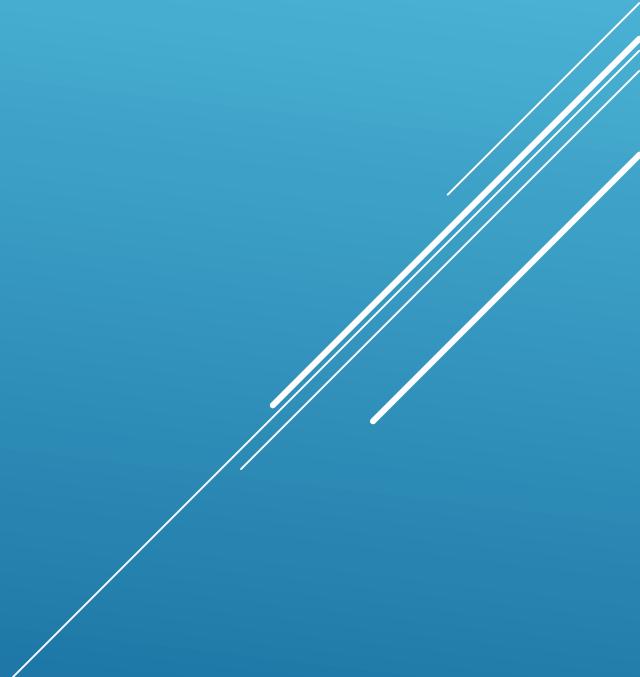


UTILIZACIÓN COMO COATING EN PRODUCTOS PESQUEROS

TRATAMIENTO	COMPONENTES DE LA SOLUCIÓN FORMADORA DEL FILM		
	Solución gelatina/glicerol (mL)	Gelatina (g)	Glicerol (%)
EXT A	29.25	1.17	0.157
EXT B	28.50	1.14	0.153
EXT C	27.75	1.11	0.149
EXT D	27.00	1.08	0.145
EXT E	26.25	1.05	0.141



CONCLUSIONES



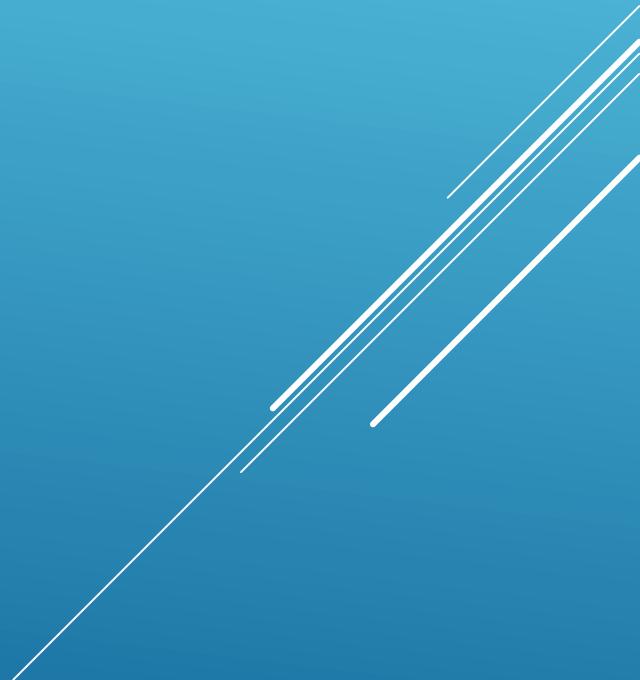
1. La optimización del proceso de extracción de gelatina de piel de perico por metodología de superficie de respuesta dio como resultado el empleo de los siguientes valores de las variables de estudio: temperatura de 56,8 °C, tiempo de 331 minutos y concentración de ácido cítrico de 0,26 %. La extracción bajo estas condiciones dio como resultado una gelatina con una fuerza de gel de 389,1 g y un rendimiento de extracción de proteína de 70,72 %.
2. El estudio de las variables que influencian sobre la obtención de películas comestibles arrojo lo siguiente: la temperatura de mezcla, el contenido de glicerol y la temperatura de secado ejercieron un efecto significativo sobre la resistencia la tracción y la elongación de los polímeros.
3. Las condiciones óptimas en la obtención del polímero biodegradable fueron las siguientes: 59,9 °C de temperatura, 0,134 % glicerol y 50 °C de temperatura de secado. El polímero obtenido bajo estas condiciones resultó con una valor de resistencia a la tracción de 8,80 MPa y una elongación de 38,4 mm.

RECOMENDACIONES



1. Estudiar la utilización de subproductos del procesamiento de recursos hidrobiológicos provenientes de la acuicultura, como una fuente alternativa, tanto para la producción de gelatina como de películas biodegradables con aplicaciones diversas según sus características mecánicas y fisicoquímicas.
2. Asimismo evaluar la obtención de compuestos bioactivos presentes en los subproductos que puedan ser aprovechados convenientemente.
3. Incrementar el vínculo entre empresa-academia para realizar más estudios en conjunto acerca de la revalorización de subproductos de la pesca tanto marítima como continental, con el fin de contribuir a la mitigación de efectos ambientales negativos ocasionados por el mal manejo de residuos.

BIBLIOGRAFÍA



- Gennadios, A. 2002. Protein-based films and coatings. CRC Press. 672 p.
- Gómez-Guillén, MC; Ihl, M; Bifani, V; Silva, A.; Montero, P. 2007. Edible films made from tuna-fish gelatin with antioxidant extracts of two different murta ecotypes leaves (*Ugni molinae* Turcz). Food Hydrocolloids 21 (2) 1133–1143.
- Gutiérrez, H; Vara, R de la. 2008. Análisis y diseño de experimentos. 2 ed. Distrito Federal, MX. McGraw-Hill Interamericana. 545 p.
- Limpisophon, K; Tanaka, M; Weng, W; Abe, S; Osako, K. 2009. Characterization of gelatin films prepared from under-utilized blue shark (*Prionace glauca*) skin. Food Hydrocolloids 23 (1) 1993–2000.
- Montgomery, DC. 2011. Diseño y análisis de experimentos. 2 ed. Distrito Federal, MX. Limusa. 686 p.
- Wu, J; Ge, S; Liu, H; Wang, S; Chen, S; Wang, J; Li, J; Zhang, Q. 2014. Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. Food Packaging and Shelf Life. Artículo en prensa.