

## PENGARUH *COATING* KITOSAN DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN ALAMI TERHADAP KUALITAS FISIK DAN MIKROBIOLOGI *FILLET* IKAN: KAJIAN PUSTAKA

Sarah Smith<sup>1,\*</sup>, Hermawan Seftiono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Bioindustri, Universitas Trilogi, Jl. Duren Tiga Timur, Kalibata, Jakarta Selatan, 12760

\*E-mail: [sarahzensmith@gmail.com](mailto:sarahzensmith@gmail.com)

Diterima: 5 Agustus 2021

Direvisi: 29 November 2021

Disetujui: 28 Januari 2022

### ABSTRAK

Pengaruh *edible coating* kitosan dengan penambahan antioksidan alami terhadap kualitas fisik dan mikrobiologi *fillet* ikan pada suhu rendah (4 °C) selama 16 hari penyimpanan telah dianalisis dan ditabulasi. Sampel kontrol (tanpa *coating*), *coating* kitosan, dan *coating* kitosan dengan penambahan berbagai antioksidan alami dilakukan analisis fisik (perhitungan susut bobot, analisis tekstur, dan analisis warna) dan analisis mikrobiologi (*total plate count* dan *psychrotrophic total count*). Berdasarkan pengkajian 25 studi penambahan asam galat (3%), asam rosmarinat (0.3%), dan 6-gingerol (2%) sebagai antioksidan dapat mencegah penurunan kualitas fisik dan menghambat aktivitas mikroorganisme *fillet* ikan. Kombinasi asam galat (3%) dengan larutan *coating* kitosan secara signifikan mempertahankan kualitas fisik dan mikrobiologi *fillet* ikan selama penyimpanan.

**Kata kunci:** *Coating* kitosan, antioksidan alami, kualitas fisik, kualitas mikrobiologi, *fillet* ikan

### ABSTRACT

*The effect of chitosan coating incorporated with natural antioxidants on the quality of fish fillets stored in refrigerated storage (4 °C) for 16 days was studied and compared. The control samples (without any coating), chitosan coating, and chitosan coating incorporated with several natural antioxidants based on studies were analyzed by physical and microbiological qualities. Gallic acid (3%), rosmarinic acid (0.3%), and 6-gingerol (2%) could effectively retard physical deterioration and microorganism activity based on 25 studies. Compared to the control and chitosan coating, samples treated with chitosan and gallic acid (3%) coatings significantly maintain physical and microbial quality of fish fillets during storage.*

**Keywords:** *Chitosan coating, natural antioxidants, physical quality, microbial quality, fish fillets*

### PENDAHULUAN

Kesadaran akan pentingnya mengonsumsi produk pangan yang berkualitas menyebabkan terjadinya peningkatan angka konsumsi produk ikan (Angiolillo dkk, 2018). Tingginya sumber

nutrisi ikan menyebabkan ikan mudah mengalami kerusakan dan penurunan kualitas yang lebih cepat dibandingkan komoditas pangan segar lainnya. Hal ini disebabkan terjadinya degradasi protein, oksidasi lipid, dan

aktivitas mikroorganisme pada ikan selama penyimpanan berlangsung (Vieira dkk, 2019). Umumnya menyimpan ikan segar pada suhu rendah (4 °C), namun metode ini tidak sepenuhnya menghambat penurunan kualitas ikan. *Edible coating* dapat menjadi alternatif metode penyimpanan untuk mempertahankan kualitas ikan dan memperpanjang umur simpannya yang bertindak sebagai *barrier* (Ismaya dkk, 2020; Chaparro dkk, 2015).

Kitosan merupakan bahan penyusun *edible coating* berbasis polisakarida yang sering dimanfaatkan, hal ini dikarenakan kitosan memiliki aktivitas antimikroba yang sangat baik dalam pengawetan bahan pangan (Volpe dkk, 2015). Penambahan antioksidan alami berupa komponen murni, hasil ekstraksi, dan keduanya ditujukan untuk mengatasi kekurangan kitosan yang bersifat oksidatif dengan menghambat terjadinya oksidasi pada

produk pangan (Garcia dkk, 2013). Beragam penelitian dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari dari *edible coating* kitosan yang dikombinasikan agar dapat mempertahankan kualitas ikan dalam penyimpanan suhu rendah.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan ialah penelitian kualitatif dan kuantitatif dengan kajian pustaka. Jenis dan sumber data ialah data sekunder dari jurnal terindeks Scopus dengan rentang penerbitan 2010 hingga 2020.

Berdasarkan seleksi didapatkan 25 yang membahas pengaruh *edible coating* kitosan dengan penambahan antioksidan pada kualitas berbagai *fillet* ikan (**Tabel 1**). Pengkajian data dikategorikan menjadi analisis fisik (perhitungan susut bobot, analisis tekstur, dan analisis warna) dan analisis mikrobiologi (*total plate count* dan *psychrotrophic total count*).

**Tabel 1.** Spesifikasi jurnal yang digunakan

Referensi	Tahun	Studi	Antioksidan	Suhu Penyimpanan	Spesies Ikan
Souza dkk,	2010	1	–	0 °C	Salmon
Ojagh dkk,	2010	2	Minyak kayu manis (1.5%)	4 °C	Rainbow trout
Mohan dk,	2012	3	–	2 °C	Indian oil sardine
Li dkk,	2012	4	Polifenol daun teh (0.2%) & ekstrak <i>rosemary</i> (0.2%)	4 °C	Yellow croaker
Li dkk,	2013	5	Ekstrak biji anggur (0.2%) & polifenol daun teh (0.2%)	4 °C	Red drum
Cai dkk,	2013	6	Ergothionin (0.3%)	4 °C	Japanese sea bass
Chamanara dkk,	2013	7	Minyak esensial <i>thyme</i> (0.1%)	5 °C	Rainbow trout
Yang dkk,	2014	8	Polietilinemin (1%) & minyak esensial <i>thyme</i> (1%)	4 °C	Northern snakehead
Qiu dkk,	2014	9	Asam sitrat (0.5%) & ekstrak akar manis (1%)	4 °C	Japanese sea bass
Gao dkk,	2014	10	Ekstrak <i>rosemary</i> (0.2%) & nisin (5%)	4 °C	Pompano
Zarei dkk,	2015	11	Ekstrak kulit jeruk (0.2%) & pomegranat (0.2%)	4 °C	Silver carp
Wu dkk,	2016	12	Asam galat (3%)	4 °C	Pacific mackerel
Li dkk,	2016	13	Flavonoid <i>hawthorn</i> (0.1%)	4 °C	Flounder
Kooteinaie dkk,	2016	14	Minyak esensial <i>eucalyptus</i> (1%) & $\alpha$ -tokoferol (0.04%)	4 °C	Silver carp
Moosavi dkk,	2016	15	Minyak esensial lada hitam (1.5%)	4 °C	Common carp
Wu dkk,	2016	16	Asam galat (3%)	4 °C	Silver pomfret
Mi & Li	2016	17	6-gingerol (0.5% & 1%)	4 °C	Red drum
Li dkk,	2016	18	Minyak oregano (0.5%) & allicin (0.2%)	4 °C	Japanese sea bass
Yu dkk,	2017	19	–	4 °C	Grass carp
Cai dkk,	2017	20	Minyak esensial lemon (0.5%) & minyak esensial <i>thyme</i> (0.5%)	4 °C	Grass carp

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

**Tabel 2.** Lanjutan spesifikasi jurnal yang digunakan

Referensi	Tahun	Studi	Antioksidan	Suhu Penyimpanan	Spesies Ikan
Khodanazary dkk, Li dkk,	2017 2018	21 22	Ekstrak teh hijau (0.1%) Asam rosmarinat (0.2%, 0.3%, dan 0.4%)	4 °C 4 °C	Tiger tooth croaker Half smooth tongue-sole
Fadiloglu & Coban	2018	23	Ekstrak <i>sumac</i> (1% dan 2%)	4 °C	Rainbow trout
Hassanzadeh dkk, Li dkk,	2018 2019	24 25	Ekstrak biji anggur (0.1%) Asam rosmarinat (0.3%) & ε-Polilisin (0.05%, 0.1%, 0.15%, dan 0.2%)	4 °C 4 °C	Rainbow trout Half smooth tongue-sole

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

### HASIL DAN PEMBAHASAN

**Perhitungan Susut Bobot.** Susut bobot merupakan indikator penting untuk mengevaluasi kualitas ikan karena dapat mempengaruhi nilai sensori dan ekonomis ikan. Hal ini dikarenakan ikan dijual berdasarkan beratnya (Duan dkk, 2010).

Penurunan susut bobot disebabkan oleh kapasitas air terikat pada daging yang terevaporasi selama penyimpanan sehingga mengubah komposisi nutrisi dan struktural ikan. Semakin tinggi nilai susut bobot menandakan bahwa *fillet* ikan telah kehilangan komponen esensial (Mohan dkk, 2012).

Masing-masing studi menunjukkan tidak adanya penyusutan bobot sampel pada awal penyimpanan (hari ke-0), hal ini menandakan bahwa ikan yang digunakan masih dalam kualitas yang baik. Variasi peningkatan pola susut bobot disebabkan perbedaan spesies

ikan, suhu penyimpanan, dan penambahan antioksidan. Suhu penyimpanan dan penambahan antioksidan yang tepat dapat menghambat penyusutan bobot *fillet* ikan, sehingga mempertahankan komposisi nutrisinya (Yu dkk, 2017).

Perubahan perhitungan susut bobot *fillet* ikan *half smooth tongue-sole* perlakuan kontrol menunjukkan penyusutan bobot tertinggi pada hari ke-12 yaitu sebesar 17.86%. Perlakuan *coating* kitosan konsentrasi 2% (CH2) pada *fillet* ikan *indian oil sardine* dapat menghambat penyusutan bobot sebesar 6.69% dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan perlakuan kitosan konsentrasi 1% (CH1) selama 12 hari penyimpanan. Penambahan asam rosmarinat sebesar 0.3% dan 0.4% (CR2 dan CR3) pada *coating* kitosan menunjukkan perhitungan susut bobot terendah pada hari ke-12 penyimpanan yaitu sebesar 7.95% dan 7.71% dengan pengurangan sebesar 60% (**Tabel 3**).

**Tabel 3.** Perubahan perhitungan susut bobot pada *fillet* ikan

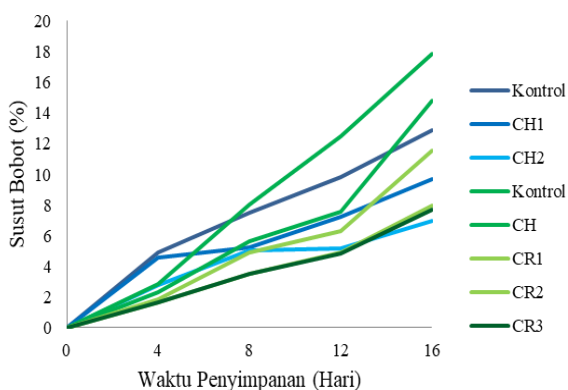
Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)					
				0	4	8	12	16	20
3	Indian oil sardine (2 °C)	–	Kontrol (%)	0	2.81	8.82	–	–	–
			CH1 (%)	0	1.19	3.49	6.91	–	–
			CH2 (%)	0	0.99	2.52	6.69	–	–
19	Grass carp (4 °C)	–	Kontrol (%)	0	4.93	7.53	9.83	12.91	16.80
			CH1 (%)	0	4.61	5.24	7.25	9.71	12.52
			CH2 (%)	0	2.79	5.02	5.17	6.97	9.15
22	Half smooth tongue-sole (4 °C)	Asam rosmarinat	Kontrol (%)	0	2.83	8.07	12.51	17.86	–
			CH (%)	0	2.32	5.64	7.54	14.78	–
			CR1 (%)	0	1.84	4.92	6.31	11.54	–
			CR2 (%)	0	1.67	3.54	4.94	7.95	–
			CR3 (%)	0	1.64	3.50	4.88	7.71	–

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

Studi 19 (berwarna biru) dan 22 (berwarna hijau) menunjukkan pola peningkatan penyusutan bobot sampel terutama perlakuan kontrol (**Gambar 1**). Tingginya persentase susut bobot disebabkan oleh denaturasi miosin pada ikan sehingga menurunkan kapasitas penahanan airnya (Ghaly dkk, 2010).

Penggunaan kitosan sebagai bahan dasar *edible coating* pada studi 19 secara signifikan dapat mencegah penurunan bobot sampel *fillet* ikan selama penyimpanan, hal ini disebabkan kitosan berperan sebagai barrier fisik untuk mencegah terjadinya penyusutan *fillet* ikan dengan cara menyerap kembali air dari otot ikan (Yu dkk, 2017).

Penambahan asam rosmarinat pada larutan *coating* kitosan dapat menghambat penyusutan bobot *fillet* ikan yang paling signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perhitungan susut bobot (CR2 dan CR3) berada dibawah 10% selama penyimpanan, hal ini disebabkan penambahan antioksidan dapat menstabilkan permukaan *fillet* ikan jika  $O_2$  telah melalui barrier kitosan sehingga dapat mempertahankan kualitas dan nilai nutrisi ikan (Li dkk, 2018).



**Gambar 1.** Pola perubahan susut bobot pada *fillet* ikan

**Analisis Tekstur.** Tekstur daging ikan merupakan salah satu atribut primer penerimaan konsumen sehingga analisa tekstur diperlukan untuk mengevaluasi kualitas daging ikan. Tekstur ikan dipengaruhi oleh faktor biologis seperti kandungan lemak, kolagen, dan densitas serat daging. Parameter tekstur dapat berubah dikarenakan adanya reaksi enzimatis, reaksi kimia, dan pertumbuhan mikroorganisme akibat terjadinya proses *rigor mortis* pada ikan. Hal ini menyebabkan protein

miofibril terdegradasi dan dilanjutkan dengan pelunakan daging ikan (Jain dkk, 2007).

Analisis tekstur dianalisis dengan menggunakan alat *texture profile analyzer* (TPA). Parameter tekstur yang dianalisis ialah *hardness*, *springiness*, *chewiness*, *cohesiveness*, *gumminess*, dan *resilience*. Parameter *hardness* dan *springiness* merupakan dua parameter utama dalam menganalisis perubahan tekstur ikan, sehingga kedua parameter akan dibandingkan nilainya.

Parameter *hardness* didefinisikan sebagai tekanan yang ditampilkan dalam *probe* pertama dengan kompresi maksimum hingga mencapai 50% dari tinggi semula (Feng dkk, 2012). Parameter *hardness* merupakan parameter utama guna mengetahui proses pelunakan yang terjadi pada *fillet* ikan akibat degradasi protein selama penyimpanan. Kadar protein mempengaruhi proses pelunakan ikan, semakin tinggi kadar protein ikan akan menyebabkan proses pelunakan *fillet* ikan berlangsung lebih cepat (Souza dkk, 2010).

Perbedaan nilai awal parameter *hardness* antar studi disebabkan spesies ikan yang berbeda sehingga mempengaruhi faktor biologis masing-masing spesies (seperti kadar protein), sedangkan perbedaan nilai awal antar perlakuan disebabkan pengaruh lapisan *coating* kitosan pada *fillet* ikan. Hal ini disebabkan barrier kitosan terhadap  $O_2$  sehingga dapat mempertahankan nilai *hardness fillet* ikan selama 12 hingga 16 hari penyimpanan.

Perubahan parameter *hardness* ikan *indian oil sardine* pada perlakuan kontrol studi 3 memiliki nilai *hardness* tertinggi yaitu sebesar 4730 g/mm, namun menunjukkan penurunan nilai *hardness* paling signifikan. Hal ini dikarenakan tingginya kadar protein ikan sehingga terjadinya pelunakan akibat degradasi protein berlangsung dengan cepat. Penambahan antioksidan minyak biji anggur (0.2%) pada larutan *coating* kitosan dapat mempertahankan nilai *hardness* sebesar 4367 g/mm menjadi 2748 g/mm. Antioksidan lainnya yaitu polifenol daun teh (0.2%) dapat menghambat terjadinya pelunakan pada *fillet* ikan *red drum* dengan nilai *hardness* sebesar 3012 g/mm selama 16 hari penyimpanan (**Tabel 5**).

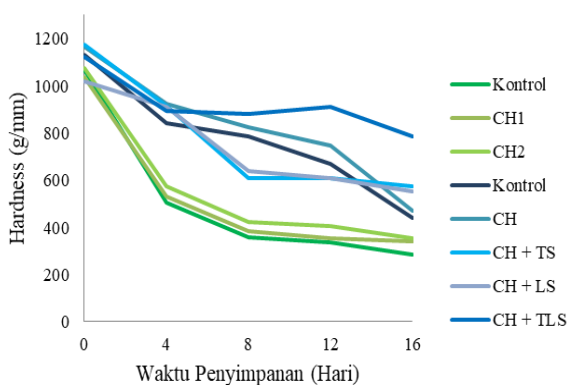
**Tabel 5.** Perubahan parameter *hardness* pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
3	Indian oil sardine (2 °C)	–	Kontrol	4730	2055	1075	–	–
			CH1	4730	2920	2165	1330	–
			CH2	4730	3465	2645	1870	–
5	Red drum (4 °C)	Ekstrak biji anggur (GS) & polifenol daun teh (TP)	Kontrol	4367	3943	3174	2823	2356
			CH + GS	4367	4069	3567	3075	2748
			CH + TP	4367	4152	3820	3479	3012
19	Grass carp (4 °C)	–	Kontrol	1066	507	357	338	287
			CH1	1036	530	384	355	341
			CH2	1077	576	421	405	356
20	Grass carp (4 °C)	Minyak esensial lemon (LS) & minyak esensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	1132	842	786	669	439
			CH	1166	926	824	746	472
			CH + TS	1174	914	607	609	576
			CH + LS	1021	913	639	609	553
			CH + TLS	1122	894	882	909	784

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

Studi 19 (berwarna hijau) dan 20 (berwarna biru) menunjukkan penurunan nilai *hardness* yang signifikan pada perlakuan kontrol selama penyimpanan (**Gambar 2**). Rendahnya nilai *hardness* disebabkan terjadinya degradasi miosin secara enzimatis, sehingga menyebabkan terjadinya pelebaran sela jaringan fibrosa otot dan pelunakan jaringan ikat (Yang dkk, 2014).

Penggunaan kitosan sebagai *coating* dapat mempertahankan sifat mekanis dan struktural *fillet* ikan, dengan menghambat autolisis enzim proteolitik dan pencegahan pertumbuhan mikroba. Penambahan antioksidan minyak esensial *thyme* (0.5%) dan minyak esensial lemon (0.5%) dapat meningkatkan efektivitas kitosan dengan menstabilkan permukaan *fillet* ikan, sehingga menghambat terjadinya pelunakan *fillet* ikan *grass carp* selama 16 hari penyimpanan (Li dkk, 2018).



**Gambar 2.** Pola perubahan nilai *hardness* pada *fillet* ikan

Parameter utama kedua setelah parameter *hardness* ialah parameter *springiness*. *Springiness* didefinisikan sebagai jarak *fillet* ikan dapat kembali ke tinggi semula antara akhir *probe* pertama dan awal *probe* kedua (Mohan dkk, 2012). *Fillet* ikan akan mengalami perubahan bentuk akibat tekanan, sehingga perlu dilakukan pengukuran guna melihat kemampuan *fillet* ikan dalam memperbaiki elastisitasnya (Yu dkk, 2017).

Perubahan nilai parameter *springiness* ikan *northern snakehead* perlakuan kontrol memiliki nilai sebesar 1.30 mm dan mengalami penurunan hingga 0.44 mm pada hari ke-8 penyimpanan, hal ini disebabkan *fillet* ikan telah kehilangan elastisitasnya akibat terjadinya degradasi protein. Penambahan ekstrak teh hijau (0.1%) sebagai antioksidan dapat menghambat penurunan nilai *springiness* *fillet* ikan *tiger tooth croaker* menjadi 1.36 mm pada hari ke-12 penyimpanan, hal ini menandakan bahwa antioksidan dapat mempertahankan elastisitas *fillet* ikan selama penyimpanan (**Tabel 6**).

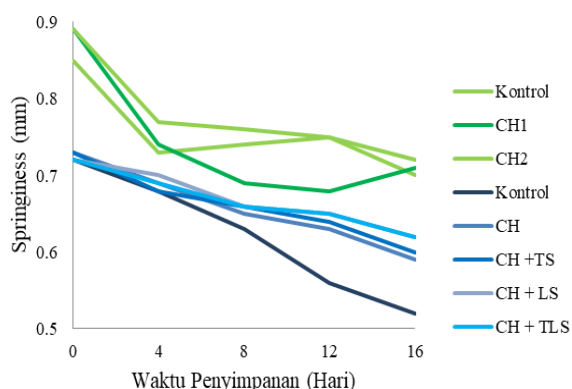
Studi 19 (berwarna hijau) menunjukkan nilai akhir *springiness* yang lebih tinggi dibandingkan studi 20 (berwarna biru), hal ini disebabkan oleh komposisi proksimat ikan yang berbeda (**Gambar 3**). Perbedaan komposisi proksimat akan mempengaruhi struktur kedua *fillet* ikan, sehingga didapatkan nilai *springiness* yang berbeda selama penyimpanan (Jain dkk, 2007).

**Tabel 6.** Perubahan parameter *springiness* pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
8	Northern snakehead (4 °C)	Polietilinemin (PEI) & minyak essensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	1.30	0.54	0.44	–	–
			CH	1.30	0.84	0.79	0.64	–
			CH + PEI	1.30	0.87	0.77	0.71	–
			CH + TS	1.30	0.81	0.75	0.68	–
19	Grass carp (4 °C)	–	Kontrol	0.85	0.73	0.74	0.75	0.70
			CH1	0.89	0.74	0.69	0.68	0.71
			CH2	0.89	0.77	0.76	0.75	0.72
20	Grass carp (4 °C)	Minyak essensial lemon (LS) & minyak essensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	0.72	0.68	0.63	0.56	0.52
			CH	0.73	0.69	0.65	0.63	0.59
			CH + TS	0.73	0.68	0.66	0.64	0.60
			CH + LS	0.72	0.70	0.66	0.65	0.62
			CH + TLS	0.72	0.69	0.66	0.65	0.62
21	Tiger tooth croaker (4 °C)	Ekstrak teh hijau (GTE)	Kontrol	2.25	2.13	1.41	1.21	1.15
			CH	2.25	2.18	2.18	1.33	1.22
			CH + GTE	2.25	2.23	2.23	1.55	1.36

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

Penggunaan *coating* kitosan memperlambat penurunan nilai *springiness fillet* ikan, hal ini membuktikan bahwa barrier kitosan terhadap O<sub>2</sub> dapat membantu *fillet* ikan mempertahankan elastisitasnya dan mencegah terjadinya pelunakan (Cai dkk, 2017). Penambahan minyak esensial *thyme* (0.5%) dan minyak esensial lemon (0.5%) pada *coating* kitosan tidak secara signifikan menghambat penurunan nilai *springiness* pada *fillet* ikan *grass carp*, namun memperlambat laju penurunannya. Hal ini disebabkan peranan antioksidan sebagai penstabil pada permukaan *fillet* serta meningkatkan efektivitas barrier kitosan (Yu dkk, 2017).



**Gambar 3.** Pola perubahan nilai *springiness* pada *fillet* ikan

**Analisis Warna.** Penampilan produk merupakan indikasi penting bagi konsumen, baik dalam aspek penerimaan atau pilihan

konsumen (Cai dkk, 2013). Perubahan warna pada daging ikan disebabkan terjadinya oksidasi lipid dan aktivitas mikroorganisme, sehingga menghasilkan berbagai basa volatil. Warna daging ikan dipengaruhi oleh struktur jaringan otot dan konsentrasi pigmen daging ikan (Mohan dkk, 2012).

Berdasarkan warna pigmennya, daging ikan dikategorikan menjadi daging ikan berwarna putih dan merah. Perbedaan kedua warna daging ikan tersebut dipengaruhi oleh konsentrasi mioglobin dan hemoglobinnya (Gines dkk, 2004). Jaringan otot ikan berdaging merah memiliki konsentrasi mioglobin dan hemoglobin yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan berdaging putih (Ozogul dkk, 2000).

Pengukuran warna digunakan sistem warna dengan nilai L\*, a\*, dan b\*. Nilai parameter L\*, a\*, dan b\* dikonversikan menjadi nilai °hue. Nilai °hue yang berbeda selama penyimpanan disebabkan perbedaan spesies ikan yang dipengaruhi oleh konsentrasi mioglobin dan hemoglobinnya.

Studi 6, 13, dan 21 menyatakan tidak adanya perubahan warna secara signifikan pada *fillet* ikan dengan uji lanjut Duncan, hal ini dikarenakan spesies ikan yang digunakan merupakan ikan berdaging merah. Studi 17 dan 20 menggunakan ikan berdaging putih



sehingga menunjukkan adanya perubahan yang signifikan dengan uji lanjut Duncan. Perubahan nilai °hue *fillet* ikan *japanese sea bass* perlakuan kontrol memiliki nilai awal sebesar 235.82 kemudian mengalami penurunan menjadi 213.71, sedangkan perlakuan penambahan *ergothionin* (0.3%) pada *coating* kitosan dapat menghambat

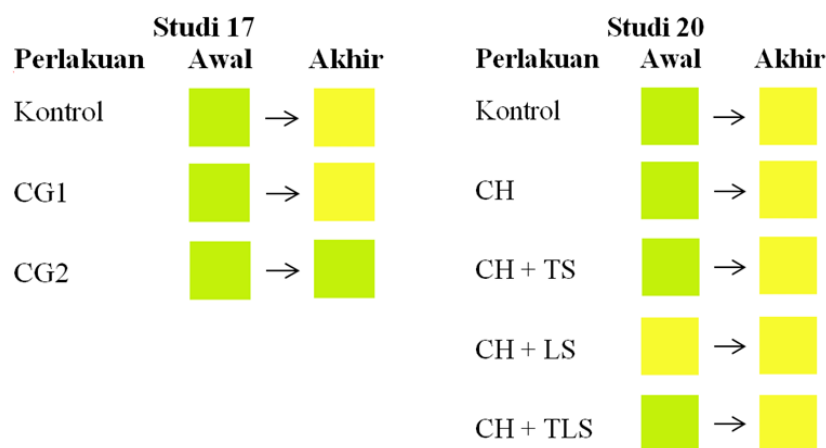
penurunan nilai °hue yaitu sebesar 221.14 pada hari ke-16 (pengurangan hingga 30%). Penambahan flavonoid *hawthorn* (0.1%) sebagai antioksidan pada *coating* kitosan dapat menghambat penurunan nilai °hue dari 234.77 menjadi 224.83, hal ini dikarenakan antioksidan dapat menghambat terjadinya melanosis akibat oksidasi lipid (**Tabel 7**).

**Tabel 7.** Perubahan nilai °hue pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
6	Japanese sea bass (4 °C)	Ergothionin (ER)	Kontrol	235.82	236.39	233.16	225.02	213.71
			CH	245.62	245.49	250.91	225.02	209.95
			CH + ER	237.36	235.54	224.85	236.13	221.14
13	Flounder (4 °C)	Flavonoid <i>hawthorn</i> (HF)	Kontrol	234.77	242.51	241.03	151.68	128.34
			CH	234.77	228.55	234.41	230.78	229.92
			CH + HF	234.77	229.69	228.93	225.94	224.83
17	Red drum (4 °C)	6-gingerol (G)	Kontrol	137.52	121.05	119.01	119.35	115.74
			CG1	140.00	131.58	114.61	119.34	117.14
			CG2	140.90	125.23	132.94	131.41	129.35
20	Grass carp (4 °C)	Minyak esensial lemon (LS) & minyak esensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	142.18	111.06	105.97	107.04	96.34
			CH	132.07	110.02	109.61	108.31	98.92
			CH + TS	133.09	108.71	122.29	128.66	99.32
			CH + LS	121.40	108.69	110.40	116.03	115.80
21	Tiger tooth croaker (4 °C)	Ekstrak teh hijau (GTE)	Kontrol	250.00	225.40	257.56	250.64	234.24
			CH	250.00	254.44	250.59	250.12	242.10
			CH + GTE	250.00	253.08	253.40	252.88	250.34

Perubahan warna perlakuan kontrol dari warna kuning kehijauan menjadi kuning, hal ini diakibatkan terjadinya melanosis pada ikan (**Gambar 4**). Melanosis merupakan reaksi autolisis enzim endogen ikan yang membentuk komponen hematin. Keberadaan hematin menunjukkan bahwa tingkat oksidasi mempengaruhi nilai b\*, sehingga *fillet* ikan berwarna kekuningan (Cai dkk, 2016).

Penambahan antioksidan 6-gingerol dengan konsentrasi 1% (CG2) pada *coating* kitosan dapat mempertahankan warna *fillet* ikan *red drum* secara signifikan. Hal ini disebabkan 6-gingerol dapat menstabilkan permukaan *fillet* ikan dan meningkatkan efektivitas kitosan sebagai *coating* secara signifikan dibandingkan penambahan antioksidan alami lainnya (Khodanazary dkk, 2017; Mi & Li, 2016).



**Gambar 4.** Perubahan warna pada *fillet* ikan

**Analisis Total Plate Count (TPC).** Analisis TPC merupakan parameter mikrobiologi utama yang mengindikasikan kerusakan ikan akibat pertumbuhan bakteri mesofilik aerobik (Ojagh *dkk*, 2010). Setelah terjadinya proses autolisis enzimatis, bakteri masuk ke dalam otot ikan dan menguraikan komposisi nutrisinya (Li *dkk*, 2012). Batas penerimaan nilai TPC sebesar  $7 \log_{10}$  CFU/g (Kuley *dkk*, 2016).

Nilai awal TPC berkisar 2.33 hingga  $4.20 \log_{10}$  CFU/g dengan batas mikroorganisme sebesar  $5.70 \log_{10}$  CFU/g, hal ini menunjukkan bahwa ikan yang digunakan masih dalam kualitas yang baik. Perbedaan nilai awal TPC

dipengaruhi oleh spesies ikan, lingkungan ikan hidup, dan penanganan ikan selama penelitian.

Perubahan nilai TPC *fillet* ikan *silver carp* perlakuan kontrol melewati batas penerimaan pada hari ke-8 yaitu sebesar  $7.26 \log_{10}$  CFU/g, sedangkan penambahan ekstrak kulit jeruk (0.2%) sebagai antioksidan pada larutan *coating* kitosan menghambat pertumbuhan bakteri mesofilik sebesar  $5.45 \log_{10}$  CFU/g selama 16 hari penyimpanan. Penambahan antioksidan ekstrak *sumac* (2%) pada *fillet* ikan *rainbow trout* dapat mengurangi pertumbuhan bakteri mesofilik  $4.91 \log_{10}$  CFU/g selama 12 hari penyimpanan (**Tabel 8**).

**Tabel 8.** Perubahan nilai TPC pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
2	Rainbow trout (4 °C)	Minyak kayu manis (CO)	Kontrol	3.86	4.23	6.12	7.88	8.52
			CH	3.67	4.05	4.90	5.79	5.06
			CH + CO	3.51	3.81	3.94	4.13	4.27
11	Silver carp (4 °C)	Ekstrak kulit jeruk (OE) & pomegranate (PPE)	Kontrol	3.61	5.17	7.26	7.85	–
			CH	3.52	4.50	6.79	7.16	–
			CH + OE	3.39	4.15	5.10	5.45	–
			CH + PPE	3.40	4.16	5.22	5.81	–
13	Flounder (4 °C)	Flavonoid <i>hawthorn</i> (HF)	Kontrol	4.20	5.12	5.69	6.85	7.63
			CH	4.20	4.72	4.96	5.59	6.43
			CH + HF	4.20	4.41	4.56	4.96	5.67
16	Silver pomfret (4 °C)	Asam galat (GA)	Kontrol	3.01	5.26	7.21	7.82	8.13
			CH	2.99	4.57	6.28	7.26	7.63
			CH + GA	2.33	3.96	4.67	5.77	6.41
18	Japanese sea bass (4 °C)	Minyak oregano (O) & allicin (A)	Kontrol	3.25	4.39	6.28	6.61	7.93
			CH	3.25	3.82	4.62	5.29	5.86
			CH + O	3.25	3.75	3.94	4.72	5.34
			CH + A	3.25	3.79	4.25	4.91	5.56
23	Rainbow trout (4 °C)	Ekstrak <i>sumac</i> (S)	Kontrol	2.79	3.46	5.53	8.24	–
			CH	2.69	3.32	4.29	6.15	–
			CS1	2.65	3.14	3.57	5.49	–
			CS2	2.62	3.10	3.36	4.91	–

Keterangan: (–) Tidak dianalisis

Studi 2 (berwarna hijau) dan 23 (berwarna biru) menunjukkan pola peningkatan nilai TPC selama penyimpanan terutama pada perlakuan kontrol (**Gambar 5**). Perlakuan kontrol melewati batas penerimaan di hari ke-8 yaitu sebesar  $7.88 \log_{10}$  CFU/g (studi 2) dan  $8.24 \log_{10}$  CFU/g (studi 23) selama 12 hari penyimpanan. Tingginya nilai TPC pada kedua studi disebabkan meningkatnya pertumbuhan bakteri mesofilik pada *fillet* ikan secara signifikan. Keberadaan bakteri pada otot ikan menyebabkan proses degradasi protein dan oksidasi lipid berlangsung dengan cepat,

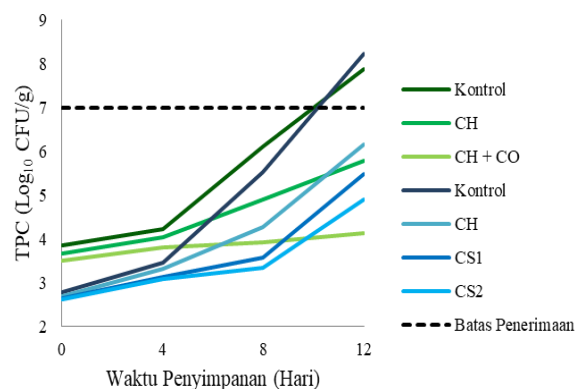
sehingga mempercepat pembusukan pada *fillet* ikan (Ibrahim, 2007).

Perlakuan *coating* kitosan memiliki nilai TPC yang lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol dengan pengurangan 1 hingga 2 siklus log, hal ini disebabkan kitosan memiliki sifat antimikroba (Li *dkk*, 2012). Mekanisme antimikroba kitosan dimulai dengan interaksi muatan positif polimer kitosan dengan muatan negatif membran sel mikroba, sehingga membentuk lapisan kedap air di sekitar sel dan mencegah pengangkutan zat terlarut esensial



pada mikroorganisme (Ojagh dkk, 2010). Kitosan juga bertindak sebagai barrier terhadap O<sub>2</sub> dan menghambat pertumbuhan bakteri mesofilik (Kostaki dkk, 2009).

Penambahan antioksidan pada larutan *coating* menunjukkan pengurangan mikroba yang paling signifikan, hal ini disebabkan antioksidan dapat memperkuat sifat antimikroba kitosan dalam waktu yang lebih lama (Devlieghere dkk, 2004). Hal ini sesuai dengan pernyataan Dutta dkk, (2009) bahwa senyawa fenolik dan polifenol yang melibatkan sensitivitas bilayer fosfolipid dari membran sel, sehingga menyebabkan kebocoran komponen intraseluler bakteri. Bakteri mesofilik dominan yang menyebabkan penurunan kualitas pada ikan ialah bakteri *Eschericia coli* dan *Enterobacteriaceae*.



**Gambar 5.** Pola perubahan nilai TPC pada *fillet* ikan

**Analisis psychrotrophic total count (PTC).** Analisis TPC digunakan sebagai parameter mikrobiologi kedua yang mengindikasikan kerusakan ikan akibat pertumbuhan bakteri psikrofilik aerobik (Ojagh dkk, 2010). Analisis PTC diperlukan karena suhu penyimpanan *fillet* ikan ialah suhu rendah yang berkisar 0 hingga 5 °C. Batas penerimaan nilai PTC sebesar 7 log<sub>10</sub> CFU/g (Kuley dkk, 2016).

Nilai awal PTC berkisar 1.86 hingga 4.29 log<sub>10</sub> CFU/g, hal ini menunjukkan ikan yang digunakan masih dalam kondisi yang bagus (Chamanara dkk, 2013). Perbedaan nilai awal PTC disebabkan adanya perbedaan spesies ikan, pengaruh lingkungan ikan hidup, dan penanganan ikan secara individu selama penelitian berlangsung (Zarei dkk, 2015).

Perubahan nilai PTC *fillet* ikan *common carp* perlakuan kontrol melewati batas penerimaan (7.0 log<sub>10</sub> CFU/g) pada hari ke-8 yaitu sebesar 7.58 log<sub>10</sub> CFU/g, sedangkan penambahan minyak lada hitam (1.5%) sebagai antioksidan dapat menghambat pertumbuhan bakteri psikrofilik aerobik sebesar 5.55 log<sub>10</sub> CFU/g selama 16 hari penyimpanan. Penambahan antioksidan berupa minyak esensial *lemon* (0.5%) dan minyak esensial *thyme* (0.5%) pada *fillet* ikan *grass carp* dapat mengurangi pertumbuhan bakteri psikrofilik aerobik yaitu sebesar 4.78 log<sub>10</sub> CFU/g dibandingkan dengan perlakuan kontrol (5.81 log<sub>10</sub> CFU/g) dan *coating* kitosan (5.37 log<sub>10</sub> CFU/g) selama 16 hari penyimpanan (**Tabel 9**).

**Tabel 9.** Perubahan nilai PTC pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
6	Japanese sea bass (4 °C)	Ergothionin (ER)	Kontrol	1.81	2.90	3.74	4.78	5.81
			CH	1.82	2.63	3.34	3.90	4.57
			CH + ER	1.85	2.52	3.11	3.78	4.35
7	Rainbow trout (5 °C)	Minyak esensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	2.90	4.51	6.63	7.46	7.90
			CH	2.41	3.89	5.57	6.53	6.72
			CH + TS	2.37	3.50	5.18	5.59	6.22
13	Flounder (4 °C)	Flavonoid <i>hawthorn</i> (HF)	Kontrol	3.50	4.16	4.73	5.97	6.62
			CH	3.50	3.85	4.60	5.61	6.53
			CH + HF	3.50	3.67	3.90	4.64	5.10
15	Common carp (4 °C)	Minyak lada hitam (BPEO)	Kontrol	4.20	5.84	7.58	8.82	9.46
			CH	4.29	5.64	6.23	7.46	7.70
			CH + BPEO	4.25	4.42	4.89	5.20	5.55
16	Silver pomfret (4 °C)	Asam galat (GA)	Kontrol	3.14	5.62	7.45	8.20	8.54
			CH	3.11	4.85	5.42	5.88	6.92
			CH + GA	3.10	4.02	4.60	5.02	6.45

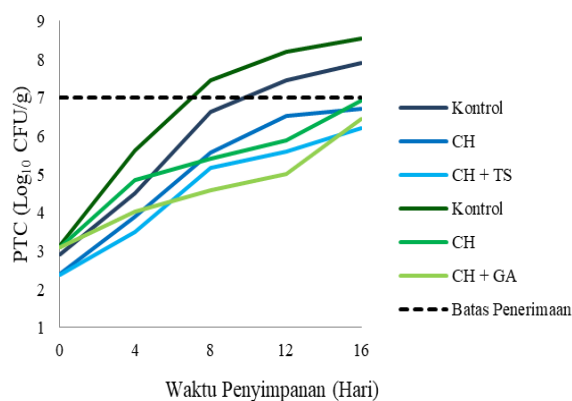
**Tabel 10.** Lanjutan perubahan nilai PTC pada *fillet* ikan

Studi	Spesies Ikan	Antioksidan	Perlakuan	Waktu Penyimpanan (Hari)				
				0	4	8	12	16
20	Grass carp (4 °C)	Minyak essensial lemon (LS) & minyak essensial <i>thyme</i> (TS)	Kontrol	2.01	3.24	3.84	4.68	5.81
			CH	1.92	2.98	3.54	4.12	5.37
			CH + TS	1.95	2.73	3.51	4.16	4.99
			CH + LS	1.86	2.81	3.47	4.21	5.09
			CH + TLS	1.93	2.67	3.21	3.98	4.78

Studi 16 (berwarna hijau) menunjukkan pola peningkatan nilai PTC yang lebih tinggi dibandingkan studi 7 (berwarna biru) pada perlakuan kontrol (**Gambar 6**). Perlakuan kontrol melewati batas penerimaan pada hari ke-8 (studi 16) dan ke-12 (studi 7), hal ini membuktikan bahwa bakteri psikrofilik memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan bakteri mesofilik (Fadiloglu & Coban, 2018; Yu dkk, 2017).

Ketahanan bakteri psikrofilik akan penyimpanan suhu rendah disebabkan oleh struktur membran sel bakteri psikrofilik yang berbeda dan kehadiran komponen resisten terhadap suhu dingin (Ocano-Higuera dkk, 2010; Ibrahim, 2007). Bakteri psikrofilik dominan yang menyebabkan penurunan kualitas pada daging ikan ialah bakteri *Pseudomonas* spp. (Scherer dkk, 2006).

Penggunaan kitosan dapat menghambat pertumbuhan bakteri psikrofilik, hal ini disebabkan sifat antimikroba kitosan yang kuat dan berfungsi sebagai barier terhadap O<sub>2</sub>. Penambahan antioksidan menunjukkan pola penghambatan yang lebih signifikan terhadap pertumbuhan bakteri psikrofilik, antioksidan meningkatkan efektivitas sifat antimikroba kitosan, dan mempertahankan kualitas *fillet* ikan pada suhu rendah (Pereira dkk, 2010).



**Gambar 6.** Pola perubahan nilai PTC pada *fillet* ikan

## KESIMPULAN

Kemampuan kitosan sebagai bahan penyusun *edible coating* dengan penambahan antioksidan alami pada berbagai *fillet* ikan secara signifikan dapat menghambat terjadinya degradasi protein dan pertumbuhan mikroorganisme.

Jenis antioksidan yang paling efektif digunakan ialah asam galat (3%), asam rosmarinat (0.3%), dan 6-gingerol (2%). Berdasarkan pengkajian dibuktikan kombinasi asam galat pada konsentrasi 3% dengan larutan *coating* kitosan 1% secara signifikan dapat mempertahankan kualitas fisik dan mikrobiologi berbagai *fillet* ikan selama penyimpanan.

## DAFTAR PUSTAKA

Angiolillo, L., Conte, A. & Del NM. 2018. A new method to bio-preserve sea bass fillets. International Journal of Food Microbiology. 271: 60–66.

Cai, L., Leng, L., Cao, A., Cheng, X. & Li, J. 2017. The effect of chitosan-essential oils complex coating on the physicochemical, microbiological, and quality change of grass carp (*Ctenophatyhgodon idella*) fillets. Journal of Food Safety. 5: 27–35.

Cai, L., Li, X., Wu, X., Lu, Y., Liu, X. & Li, J. 2013. Effect of chitosan coating enriched with ergothioneine on quality changes on japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*). Food Bioprocess Technology. 4: 320–330.

Chamanara, V., Shabanpour, B., Khomeiri, M. & Gorgin, S. 2013. Shelf-life extension of fish samples by using enriched chitosan coating with thyme essential oil. Journal of Aquatic Food Product Technology. 22: 3–10.

Chaparro, HS., Ruiz, CS., Marquez, RE., Ocano, H., Valenzuela, C., Ornelas, J. & Toro, S. 2015. Effect of chitosan-

- carvacol edible coatings on the quality and shelf life of tilapia (Oreochromis niloticus) fillets stored in ice.* Food Science and Technology. 35(4): 734–741.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A. & Debevere, J. 2004. *Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables.* Food Microbiology. 21: 703–714.
- Duan, J., Cherian, G. & Zhao, Y. 2010. *Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (Ophiodon elongates) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coating.* Food Chemistry. 119: 524–532.
- Dutta, PK., Tripathi, S., Mehrotra, G. & Dutta, J. 2009. *Quality enhancement in flesh and frozen lingcod (Ophiodon elongates) fillets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings.* Food Chemistry. 114(4): 1173–1182.
- Fadiloglu, EE. & Coban, OE. 2018. *Effects of chitosan edible coating enriched with sumac on the quality and the shelf life of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss, Walbaum, 1792) fillets.* Journal of Food Safety. 5(2): 234–241.
- Feng, X., Bansal, N. & Yang, H. 2016. *Fish gelatin combined with chitosan coating inhibits myofibril degradation of golden pomfret (Trachinotus blochii) fillet during cold storage.* Food Chemistry. 200: 283–292.
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T., Zhu, J., Fu, L., Yu, D. & Li, J. 2014. *The use of rosemary extract in combination with nisin to extend the shelf life of pompano (Trachinotus ovatus).* Food Control. 37: 1–8.
- Ghaly, AE., Dave, D., Budge, S. & Brooks, MS. 2010. *Fish spoilage mechanism and preservation techniques: review.* American Journal of Applied Science. 7(7): 859–877.
- Gines, R., Valdimarsdottir, T., Sveindottir, K. & Thorarensen, H. 2004. *Effect of rearing temperature and strain on sensory characteristic, texture, colour and fat of arctic charr (Salvelinus alpinus).* Food Quality and Preference. 15: 177–185.
- Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M. & Mahmoudi, R. 2018. *Effects of chitosan edible coating containing grape seed extract on the shelf-life of refrigerated rainbow trout fillet.* Veterinary Research Forum. 9(1): 73–79.
- Ibrahim, SK. 2007. *Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon.* Food Control. 18: 566–575.
- Ismaya, FC., Nurul, HF. & Tri, YH. 2020. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Nata de Coco dan Gliserol.* Jurnal Teknologi UMJ. 13(1): 81–88.
- Jain, D., Pathare, PB. & Maikantan, MR. 2007. *Evaluation of texture parameters of Rohu fish (Labe rohita) during iced storage.* Journal of Food Engineering. 81: 336–340.
- Khodanazary, A., Salati, AP., Bohlouli, S., Mohammadi, M. & Sadeghi, E. 2017. *Quality enhancement in refrigerated tiger tooth croaker (Otolithes ruber) fillets using chitosan coating containing green tea extract.* Iranian Journal of Fisheries Sciences. 18(2): 224–241.
- Kooteinaie, FV., Ariai, P., Shurmasti, DK. & Nemati, M. 2016. *Effect of chitosan edible coating enriched with eucalyptus essential oil and  $\alpha$ -tocopherol on silver carp fillets quality during refrigerated storage.* Journal of Food Safety. 6: 157–172.
- Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I. & Kontominas, M. 2009. *Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical, and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (Decentrarchus labrax) fillets.* Food Microbiology. 26: 475–482.
- Kuley, E., Durmus, M., Balikci, E., Ucar, Y., Regenstein, JM. & Ozogul, F. 2016. *Fish spoilage bacterial growth and their biogenic amine accumulation: inhibitory effects of olive by-products.* International Journal of Food Properties. 20(5): 1029–1043.
- Li, N., Mei, J., Shen, Y. & Xie, J. 2018. *Quality improvement of half-smooth tongue sole (Cynoglossus semilaevis) fillets by chitosan coatings containing*

- rosmarinic acid during storage*. CYTA - Journal of Food. 16(1): 1018–1029.
- Li, N., Wenru, L., Shen, Y., Mei, J. & Xie, J. 2019. *Coating effects of  $\epsilon$ -polylysine and rosmarinic acid combined with chitosan on the storage quality of fresh half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) fillets*. Journal of MDPI. 7: 315–329.
- Li, T., Hu, W., Li, J., Zhang, X., Zhu, J. & Li, X. 2012. *Coating effects of tea polyphenol and rosemary extract combined with chitosan on the storage quality of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*)*. Food Control. 25: 101–106.
- Li, T., Li, J., Hu, W. & Li, X. 2013. *Quality enhancement in refrigerated red drum (*Sciaenops ocellatus*) fillets using chitosan coatings containing natural preservatives*. Food Chemistry. 138: 821–826.
- Li, T., Yang, J., Li, J. & Hu, W. 2016. *An investigation on quality of japanese sea bass (*Lateolabrax japonicas*) using chitosan assisted with *origanum vulgare* oil and allicin*. Journal of Food Processing and Preservation. 28: 112–118.
- Li, X., Tian, X., Cai, YL., Lu, YF., Liu, XF. & Li, JR. 2016. *Effects of chitosan and hawthorn flavonoid coating on quality and shelf life of flounder (*Paralichthys olivaceus*) fillets during refrigerated storage*. Journal of Food Processing and Preservation. 5: 39–47.
- Mi, HB. & Li, J. 2016. *Effect of 6-gingerol as a natural antioxidant on the lipid oxidation in red drum fillets during refrigerated storage*. LWT – Food Science and Technology. 74: 70–76.
- Mohan, CO., Ravishankar, CN., Lalitha, KV. & Gopal, TK. 2012. *Effect of chitosan coating on the quality of double filleted indian oil sardine (*Sardinella longiceps*) during chilled storage*. Food Hydrocolloids. 26: 167–174.
- Moosavi, MN., Shad, E., Ziae, E., Yousefabad, SH., Golmakani, MT. & Azizinia, M. 2016. *Biodegradable chitosan coating incorporated with black pepper essential oil for shelf life extension of common carp (*Cyprinus carpio*) during refrigerated storage*. Journal of Food Protection. 79(6): 986–993.
- Ocano-Higuera, V., Martinez, A., Marquez, R., Rodriguez, C., Castillo, Y. & Butos, R. 2011. *Freshness assessment of ray fish in ice by biochemical, chemical, and physical methods*. Food Chemistry. 125: 49–54.
- Ojagh, SM., Rezaei, M., Razavi, SH. & Hosseini, SM. 2010. *Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout*. Food Chemistry. 120: 193–198.
- Ozogul, F., Taylor, KD., Quantick, P. & Ozogul, Y. 2000. *Chemical, microbiological and sensory evaluation of atlantic herring (*Clupea harengus*) stored in ice, modified atmosphere and vacuum pack*. Food Chemistry. 71: 267–273.
- Pereira, A., Losada, DA., Maroto, J. & Cruz, J. 2010. *Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen atlantic salmon (*Salmo salar* L.)*. Food Research International. 43: 1277–1282.
- Qiu, X., Chen, S., Liu, G. & Yang, Q. 2014. *Quality enhancement in the japanese sea bass (*Lateilabux japonicas*) fillets stored at 4 °C by chitosan coating incorporated with citric acid or licorice extract*. Food Chemistry. 162: 156–160.
- Scherer, R., Augusti, P., Bochi, V., Steffens, C., Fries, L., Daniel, A. & Emanuelli, T. 2006. *Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods*. Food Chemistry. 99: 136–142.
- Souza, BW., Cerwueira, MA., Ruiz, HA., Martins, JT., Casariego, A., Teixeira, JA. & Vicente, AA. 2010. *Effect of chitosan-based coatings on the shelf life of salmon (*Salmo salar*)*. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 58: 11456–11462.
- Vieira, BB., Mafra, JF., Rocha, AS., Ferreira, MA., Silva, F., Ridrigues, AV. & Evangelista, NS. 2019. *Combination of chitosan coating and clove essential oil reduces lipid oxidation and microbial growth in frozen stores tambaqui*

- (Colossoma macropomum)* fillets. LWT – Food Science and Technology. 116: 1–7.
- Volpe, M., Siano, F., Paolucci, M., Sacco, A., Sorrentino, A. & Malinconico, M. 2015. *Active edible coating effectiveness in shelf life enhancement of trout (Oncorhynchus mykiss) fillets*. LWT – Food Science and Technology. 60(1): 615–622.
- Wu, C., Li, Y., Wang, L., Hu, Y., Chen, J., Liu, D. & Yu, X. 2016. *Efficacy of chitosan-gallic acid coating on shelf life extension of refrigerated pacific mackerel fillets*. Food Bioprocess Technology. 9: 1321–1331.
- Wu, C., Fu, S., Xiang, Y., Yuan, C., Hu, Y., Chen, S., Liu, D. & Ye, X. 2016. *Effect of chitosan gallate coating on the quality maintenance of refrigerated (4 °C) silver pomfret (Pampus argentus)*. Food Bioprocess Technology. 33: 341–349.
- Yang, F., Hu, S., Lu, Y., Yang, H., Zhao, Y. & Li, L. 2014. *Effects of coatings of polyethyleneimine and thyme essential oil combined with chitosan on sliced fresh Channa argus during refrigerated storage*. Journal of Food Process Engineering. 3: 436–451.
- Yu, D., Li, P., Xu, Y., Jiang, Q. & Xia, W. 2017. *Physicochemical, microbiological, and sensory attributes of chitosan-coated grass carp (Ctenopharyngodon idellus) fillets stored at 4 °C*. International Journal of Food Properties. 20(2): 390–401.
- Zarei, M., Ramezani, Z., Tavasoly, SE. & Chadorbaf, M. 2015. *Coating effects of orange and pomegranate peel extract combined with chitosan nanoparticles on the quality of refrigerated silver carp fillets*. Journal of Food Processing and Preservation. 17: 252–259.

