

Antioksidan Alami sebagai Imbuhan Pakan Guna Meningkatkan Kuantitas, Kualitas Produk dan Mengurangi Residu Timbal pada Burung Puyuh

*(NATURAL ANTIOXIDANTS AS FEED ADDITIVES
TO IMPROVE THE QUANTITY, QUALITY OF
QUAIL PRODUCTS AND REDUCE LEAD RESIDUES)*

**Aulia Khoirun Nissa^{1*},
Trianing Tyas Kusuma Anggaeni², Eka Wulandari³**

¹Program Studi Kedokteran Hewan,
²Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran
³Departemen Teknologi Hasil Peternakan, Fakultas Peternakan
Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21,
Hegarmanah, Kec. Jatinangor, Kab. Sumedang,
Jawa Barat, Indonesia 45363
Email: aulkhoirun@gmail.com

ABSTRACT

The demand for Japanese quail products continues to increase because it contains a good source of nutrients for human health. Currently, there is an increase in environmental pollution has made quails susceptible to lead (Pb) exposure, even in an intensive rearing systems. Heavy metal Pb can accumulate in several body tissues, causing oxidative stress and tissue damage, affecting bird health, and impacting production performance and product quality. This review was aimed to discuss the potential and mechanism of natural antioxidants as feed additives in Japanese quail on Pb residues, quantity, and quality of their products. Alpha-lipoic acid and Spanis dagger or *Yucca schidigera* in feed reduced Pb residues in body tissues by increasing the body's antioxidant system and chelating activity. Phenolic compounds, as a type of antioxidant, found in turmeric, ginger, pomegranate peel, thyme, cinnamon, seaweed and moringa seeds in feed increased the quantity or quality of eggs by protecting the reproductive organs, liver and digestive tract from oxidative damage and improving the function of these organs to egg formation. Phenolic compounds in cinnamon, thyme, peppermint, and oyster mushrooms in feed improved meat quality by preventing lipid and protein oxidation in muscles. The use of natural antioxidants as feed additives in Japanese quail can reduce Pb residues, increase egg quantity and quality, and improve meat quality with different mechanisms of action according to the source of natural antioxidants and their intended use.

Keywords: egg quality; Japanese quail; meat quality; natural antioxidants; residue of lead

ABSTRAK

Permintaan akan produk burung puyuh jepang terus mengalami peningkatan karena

mengandung sumber nutrisi yang baik untuk kesehatan manusia. Namun, saat ini terjadi peningkatan pencemaran lingkungan menyebabkan burung puyuh rentan terpapar oleh timbal (Pb) meskipun dalam sistem pemeliharaan intensif. Logam berat Pb dapat terakumulasi di beberapa jaringan tubuh, menyebabkan stres oksidatif dan kerusakan jaringan yang kemudian memengaruhi kesehatan burung dan berdampak pada kinerja produksi dan kualitas produk yang dihasilkan. Kajian pustaka ini bertujuan untuk mengulas tentang potensi dan mekanisme antioksidan alami yang digunakan sebagai imbuhan pakan pada burung puyuh jepang terhadap jumlah residu Pb, kuantitas dan kualitas produknya. Asam alfa lipoat dan tanaman asparagus *Yucca schidigera* pada pakan dapat mengurangi residu Pb di jaringan tubuh dengan mekanisme meningkatkan sistem antioksidan tubuh dan aktivitas pengkelatan. Senyawa fenolik, sebagai salah satu jenis antioksidan, yang terkandung dalam kunyit, jahe, kulit buah delima, *thyme*, kayu manis, rumput laut dan biji kelor pada pakan meningkatkan kuantitas atau kualitas telur dengan mekanisme melindungi organ reproduksi, hati dan saluran pencernaan dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsi organ tersebut untuk pembentukan telur. Senyawa fenolik dalam kayu manis, *thyme*, pepermin dan jamur tiram pada pakan meningkatkan kualitas daging dengan mekanisme mencegah oksidasi lipid dan protein pada otot. Penggunaan antioksidan alami sebagai imbuhan pakan pada burung puyuh jepang dapat mengurangi residu Pb, meningkatkan kuantitas dan kualitas telur, dan meningkatkan kualitas daging dengan mekanisme kerja yang berbeda sesuai dengan sumber antioksidan alami yang digunakan dan tujuan penggunaannya.

Kata-kata kunci: antioksidan alami; burung puyuh jepang; kualitas telur; kualitas daging; residu timbal

PENDAHULUAN

Burung puyuh jepang (*Coturnix coturnix japonica*) merupakan spesies unggas terkecil yang dternakkan, produknya menjadi populer karena mengandung sumber nutrisi yang baik untuk kesehatan manusia. Menurut Ditjen Peternakan dan Kesehatan Hewan /PKH (2018), konsumsi telur burung puyuh per kapita tahun 2013-2017 di Indonesia terus mengalami peningkatan mulai dari 3.389 butir hingga 7.769 butir. Peningkatan kebutuhan pangan mendorong intensifikasi produksi ternak, termasuk burung puyuh. Namun, perkembangan ini juga dihadapkan dengan tantangan lingkungan, salah satunya yaitu meningkatnya pencemaran logam berat yang berisiko mencemari produk ternak dan mengancam keamanan pangan.

Burung puyuh dapat terpapar logam berat timbal (Pb) meskipun dalam sistem pemeliharaan intensif melalui pakan, air minum dan alas kandang (Ahmed *et al.*, 2017). Pakan ternak yang diproduksi

menggunakan bahan baku di bawah standar keamanan berpotensi tinggi terkontaminasi Pb. Logam berat Pb yang masuk ke dalam tubuh dapat melalui pakan dan berpotensi untuk melemahkan pertahanan tubuh terhadap antioksidan dan meningkatkan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) yang memicu stres oksidatif (Faryadi *et al.*, 2020).

Stres oksidatif memiliki peran penting dalam patofisiologi kerusakan jaringan (Osičková *et al.*, 2014). Hal tersebut dapat memengaruhi kesehatan burung puyuh yang akhirnya berdampak pada kinerja produksi seperti penurunan produksi telur dan massa telur (Alagawany *et al.*, 2018). Stres oksidatif juga dapat terjadi pada otot dan menjadi salah satu penyebab utama penurunan kualitas daging (Xing *et al.*, 2018).

Selain itu, logam berat Pb dapat terakumulasi pada hati, ginjal, daging dan telur. Organ-organ tersebut adalah produk yang dapat dikonsumsi oleh manusia

sehingga akumulasi Pb yang melebihi ambang batas maksimum (0,1 mg/kg pada daging dan telur; 0,5 mg/kg pada *edible offal*) (WHO, 2011), dapat menimbulkan masalah dalam keamanan pangan. Salah satu upaya pengurangan akumulasi Pb agar tetap berada pada batas aman dan mengurangi toksisitasnya adalah dengan pemberian antioksidan. Antioksidan ini dapat diperoleh secara alami dan dapat ditambahkan dalam bentuk premiks sebagai imbuhan pakan.

Terdapat sejumlah penelitian sebelumnya mengenai antioksidan alami yang mampu mengurangi akumulasi Pb pada jaringan tubuh burung puyuh jepang yaitu ekstrak tanaman yucca (*Yucca schidigera*) (Farag *et al.*, 2018). Antioksidan alami seperti kayu manis dan kunyit juga berpotensi dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas produk burung puyuh (Suwarta dan Suryani, 2019), di samping itu, jamur tiram juga dapat berperan sebagai antioksidan pada burung puyuh (Vargas-Sánchez *et al.*, 2018) terutama guna meningkatkan kualitas daging. Di antara antioksidan alami tersebut, belum ditemukan penelitian yang menghubungkan potensinya dalam mengurangi residu Pb sekaligus meningkatkan kuantitas dan kualitas produk burung puyuh jepang. Berdasarkan hal tersebut, maka artikel kajian pustaka ini mengkaji mengenai berbagai sumber bahan antioksidan alami sebagai imbuhan pakan beserta mekanisme kerjanya dalam melakukan potensinya sebagai penurun residu Pb pada jaringan tubuh dan potensinya dalam meningkatkan kuantitas dan kualitas telur dan daging sebagai produk dari burung puyuh jepang.

METODE PENULISAN

Desain artikel kajian pustaka ini menggunakan *Systematic Review* dengan protokol penyusunan menggunakan metode Prisma. Pencarian data dilakukan melalui *database* Google Scholar, ScienceDirect dan PubMed pada bulan Oktober 2020-Januari 2021 dengan menggunakan kata kunci “*antioxidant*”, “*natural antioxidant*”, “*Japanese quail*”, “*lead*”, “*Pb*”, “*meat quality*” dan “*egg quality*”. Jumlah artikel yang didapatkan

sebanyak 13.501 artikel. Artikel tersebut kemudian diseleksi berdasarkan penyaringan dan kelayakan hingga didapatkan 19 artikel yang dianalisis. Artikel yang dipilih disesuaikan berdasarkan kriteria tidak melebihi 10 tahun terakhir penerbitan artikel, *original research*, berbahasa Indonesia atau Inggris dan membahas penelitian mengenai antioksidan alami dan kaitannya dengan penurunan residu Pb dan peningkatan kuantitas, dan kualitas telur dan daging dengan subjek penelitian pada burung puyuh jepang. Data yang diperoleh dikumpulkan dan kemudian dilakukan analisis secara deskriptif berdasarkan sumber, aplikasi penggunaan, dan mekanisme kerjanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Antioksidan Alami Mengurangi Residu Timbal (Pb)

Mengonsumsi air minum atau pakan yang terkontaminasi Pb dapat menyebabkan terakumulasinya Pb pada jaringan tubuh seperti hati dan ginjal yang dapat menyebabkan kerusakan jaringan tersebut. Paparan Pb dengan dosis mulai dari 50 ppm pada air minum menyebabkan perubahan histologi pada jaringan hati yang akhirnya menyebabkan penurunan fungsi hati akibat toksisitas Pb (Kou *et al.*, 2020). Hal ini dapat dihindari dengan penggunaan senyawa alami yang memiliki aktivitas antioksidan dan pengkelatan (Bokara *et al.*, 2008). Antioksidan alami yang mampu mengurangi residu Pb pada jaringan burung puyuh jepang disajikan pada Tabel 1.

Penambahan asam alfa lipoat dan ekstrak *Yucca schidigera* pada pakan secara nyata menurunkan residu Pb pada jaringan tubuh burung puyuh jepang dibandingkan dengan kelompok perlakuan yang hanya diberikan paparan Pb ($p < 0,01$). Menurut El Okle dan Lebda (2014), 3 g asam alfa lipoat/kg pakan menjadi dosis efektif dalam menurunkan residu Pb di jaringan otot. Akan tetapi, dosis ini tidak dapat menurunkan konsentrasi Pb secara signifikan di jaringan lain seperti otak, hati

dan ginjal. Bahkan pada hati dan ginjal konsentrasi Pb mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa asam alfa lipoat gagal untuk menurunkan kadar Pb pada hati dan ginjal.

Ekstrak tanaman *Y. schidigera* menunjukkan hasil yang lebih baik dalam menurunkan residu Pb di jaringan ginjal, pankreas dan telur ($p < 0,005$). Mekanisme asam alfa lipoat dan ekstrak tanaman *Y. schidigera* dalam mengurangi toksisitas dan residu Pb di jaringan otot, ginjal, pankreas, atau telur berhubungan dengan aktivitas antioksidan dan kemampuannya dalam mengkelat logam. Aktivitas antioksidan asam alfa lipoat adalah dengan melawan ROS, mencegah pembentukan peroksida lipid dan meregenerasi antioksidan lain (Haleagraha *et al.*, 2011). Aktivitas antioksidan ekstrak tanaman *Y. schidigera* adalah dengan meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti *Catalase* (CAT), *Superoxide Dismutase* (SOD), *Glutathione* (GSH), dan menurunkan *Malodialdehyde* (MDA) (Alagawany *et al.*, 2018).

Selain itu, asam alfa lipoat dan ekstrak tanaman *Y. schidigera* memiliki kemampuan sebagai agen pengkelat. Mekanisme agen pengkelat dalam mengurangi jumlah residu Pb adalah dengan membentuk kompleks dengan ion toksik Pb dan kompleks ini menunjukkan toksisitas yang rendah sehingga Pb menjadi lebih mudah untuk dieliminasi dari tubuh melalui sistem ekskretori (Carocci *et al.*, 2016). Akan tetapi, menurut Flora *et al.* (2012), faktanya asam alfa lipoat sendiri tidak memiliki kemampuan mengkelat logam dan biasanya asam alfa lipoat berperan sebagai antioksidan yang penggunaannya dikombinasikan dengan agen pengkelat lain seperti *2,3-dimercaptosuccinic acid* (DMSA). Hal ini menjelaskan alasan asam alfa lipoat yang tidak mampu mengurangi residu pada jaringan hati dan ginjal burung puyuh jepang.

Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa antioksidan alami yang lebih baik dalam mengurangi toksisitas dan residu Pb di jaringan tubuh burung puyuh jepang adalah ekstrak tanaman *Y. schidigera*. Manfaat ganda dari ekstrak *Y. schidigera* sebagai antioksidan alami dan agen pengkelat menjadikan ekstrak

Y. schidigera sebagai kandidat kuat untuk melindungi burung puyuh dari polutan lingkungan. Adapun agen pengkelat yang ideal memiliki karakteristik seperti daya afinitas yang besar untuk logam toksik yang harus dikelat (dalam kasus ini Pb), mudah larut dalam air, mampu melewati membran sel, mungkin diberikan secara oral, dan meta-bolismenya rendah (Carocci *et al.*, 2016).

Antioksidan Alami Meningkatkan Kuantitas Telur

Burung puyuh yang mengonsumsi pakan yang terpapar Pb 100 mg/kg menunjukkan penurunan pada produksi telurnya (Alagawany *et al.*, 2018). Paparan Pb sebanyak 0,25 dan 0,5 $\mu\text{g/mL}$ air minum menyebabkan burung puyuh berhenti bertelur pada hari ke-5 paparan (Suljević *et al.*, 2020). Kondisi ini disebabkan oleh stres oksidatif yang ditimbulkan Pb akibat kerusakan histopatologi sel pada organ-organ yang berhubungan dengan pembentukan telur seperti hati (Kou *et al.*, 2020), ovarium (He *et al.*, 2020) dan usus (Kou *et al.*, 2019). Oleh karena itu, kajian ini berfokus pada peningkatan produksi telur oleh senyawa yang dapat melawan stres oksidatif yaitu antioksidan. Beberapa antioksidan alami yang berpotensi meningkatkan produksi telur burung puyuh jepang disajikan pada Tabel 2.

Antioksidan alami yang berasal dari kunyit, jahe, kulit buah delima, kayu manis, rumput laut dan biji kelor secara nyata dapat meningkatkan produksi telur harian dibandingkan dengan kelompok kontrol ($p < 0,05$). Peningkatan produksi telur ini dikaitkan dengan aktivitas antioksidan dari masing-masing bahan tersebut dalam mencegah kerusakan oksidatif pada organ ovarium, hati dan usus. Antioksidan penting untuk menjaga keseimbangan redoks di ovarium agar ovarium dapat terlindungi dari kerusakan oksidatif dan berfungsi secara normal atau bahkan fungsinya meningkat (Wang *et al.*, 2017).

Antioksidan yang terkandung dalam biji kelor, seperti flavonoid, karotenoid dan fenolik, dihubungkan dengan aksinya dalam

Tabel 1. Antioksidan alami yang dapat mengurangi residu Pb pada jaringan burung puyuh jepang

Sumber Antioksidan Alami	Aplikasi	Mekanisme	Referensi
Asam alfa lipoat	↓ residu Pb di jaringan otot	Peningkatan sistem antioksidan tubuh	El Okle dan Lebda, 2014
Ekstrak <i>Yucca schidigera</i>	↓ residu Pb di telur	Peningkatan aktivitas enzim antioksidan dan aktivitas kelasi	Alagawany <i>et al.</i> , 2018
	↓ residu Pb di jaringan ginjal		Farag <i>et al.</i> , 2018
	↓ residu Pb di jaringan pankreas		

Keterangan: (↓) = secara signifikan menurun dibandingkan dengan kelompok perlakuan yang diberikan paparan Pb.

Tabel 2. Antioksidan alami yang dapat meningkatkan kuantitas telur burung puyuh jepang

Sumber Antioksidan Alami	Aplikasi	Mekanisme	Referensi
Bubuk kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	↑ jumlah produksi telur sampai umur 9 bulan	Melindungi hati dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Saraswati <i>et al.</i> , 2013a
Tepung akar jahe (<i>Zingiber officinale</i> L.)	↑ jumlah telur/puyuh/hari		Abd El-Galil and Mahmoud, 2015
Tepung kulit buah delima (<i>Punica granatum</i> L.)	↑ persentase produksi telur harian	Melindungi usus dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Abbas <i>et al.</i> , 2017
Tepung kayu manis (<i>Cinnamomum verum</i>) dan Tepung Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	↑ persentase rata-rata produksi telur harian		Suwarda and Suryani, 2019
Tepung rumput laut hijau (<i>Ulva lactuca</i>) dan rumput laut coklat (<i>Sargassum Cinereum</i>)	↑ persentase bertelur		Abu Hafsa <i>et al.</i> , 2019
Bubuk biji kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	↑ persentase produksi telur	Melindungi ovarium dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Ashour <i>et al.</i> , 2020

Keterangan: (↑) = secara signifikan meningkat dibandingkan dengan kelompok kontrol

Tabel 3. Antioksidan alami yang dapat meningkatkan kualitas telur burung puyuh jepang

Sumber Antioksidan Alami	Aplikasi	Mekanisme	Referensi
Bubuk kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	↑ bobot telur, diameter kuning telur, tinggi kuning telur, bobot kuning telur, indeks kuning telur, tinggi albumin, haugh unit, warna kuning telur	Melindungi hati dan organ reproduksi (ovarium, oviduk) dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Putri <i>et al.</i> , 2020; Saraswati <i>et al.</i> , 2013b
Bubuk kayu manis (<i>Cinnamomum zeylanicum</i>) dan thyme (<i>Thymus vulgaris</i>)	↑ bobot telur, massa telur, ketebalan kerabang telur, bobot kerabang telur, bobot albumin	Melindungi usus dan organ reproduksi (oviduk) dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Vali <i>et al.</i> , 2013; Vali and Mottaghi, 2016
Tepung akar jahe (<i>Zingiber officinale</i> L.)	↑ bobot telur, massa telur, % kerabang telur, warna kuning telur, tinggi albumin, haugh unit, indeks kuning telur	Melindungi usus dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Abd El-Galil and Mahmoud, 2015; Nemati <i>et al.</i> , 2021
Tepung kayu manis (<i>Cinnamomum verum</i>) dan Tepung Kunyit (<i>Curcuma longa</i>)	↑ bobot telur, bobot kuning telur, bobot albumin, bobot kerabang telur, indeks warna kuning telur	Melindungi usus dan hati dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Suwarda and Suryani, 2019
Tepung rumput laut hijau (<i>Ulva lactuca</i>) dan rumput laut coklat (<i>Sargassum cinereum</i>)	↑ bobot telur, massa telur, ketebalan kerabang telur, haugh unit, bobot kuning telur, indeks kuning telur, warna kuning telur, bobot albumin	Melindungi usus dari kerusakan oksidatif dan meningkatkan fungsinya	Abu Hafsa <i>et al.</i> , 2019
Bubuk biji kelor (<i>Moringa oleifera</i>)	↑ bobot telur, massa telur, ↑ ketebalan kerabang telur, % albumen, % kuning telur, indeks kuning telur		Abou-Elkhair <i>et al.</i> , 2020; Ashour <i>et al.</i> , 2020

Keterangan: (↑) = secara signifikan meningkat dibandingkan dengan kelompok kontrol.

Tabel 4. Antioksidan alami yang dapat meningkatkan kualitas daging burung puyuh jepang

Sumber Antioksidan Alami	Aplikasi	Mekanisme	Referensi
Minyak atau bubuk kayu manis (<i>Cinnamomum verum</i>)	(↓) konsentrasi MDA, (↑) WHC, (↓) <i>cooking loss</i> , (↓) <i>drip loss</i> , (↔) pH		Mehdipour <i>et al.</i> , 2013a
Ekstrak thyme (<i>Thymus vulgaris</i> L.)	(↓) konsentrasi MDA, (↑) WHC, (↔) <i>cooking loss</i> , (↔) <i>drip loss</i> , (↔) pH	Meningkatkan stabilitas	Mehdipour <i>et al.</i> , 2013b
Minyak thyme (<i>Thymbra spicata</i> L. var. <i>spicata</i>)	(↓) konsentrasi MDA, (↑) pH, (↑) a*, (↔) b*, (↔) L*	oksidatif daging dengan	Aksu <i>et al.</i> , 2014
Bubuk daun pepermin (<i>Mentha piperita</i>)	(↓) konsentrasi MDA, (↔) WHC, (↔) pH, (↑) a*, (↓) b*, (↑) L*, (↓) <i>cooking loss</i> , (↓) <i>drip loss</i>	mencegah peroksidasi lipid dan protein	Aminzade <i>et al.</i> , 2012; Mehri <i>et al.</i> , 2015
Bubuk jamur tiram (<i>Pleurotus ostreatus</i>) yang dikeringkan	(↓) konsentrasi MDA, (↑) WHC, (↓) <i>cooking loss</i> , (↑) pH, (↑) a*, (↓) b* , (↓) L*		Vargas-Sánchez <i>et al.</i> , 2018

Keterangan: (↑) = secara signifikan meningkat dibandingkan kelompok kontrol, (↓) = secara signifikan menurun dibandingkan dengan kelompok kontrol, (↔) = tidak berbeda secara signifikan dengan kelompok kontrol; MDA = *malondialdehyde*.

meningkatkan sekresi hormon reproduksi yang selanjutnya dapat meningkatkan ekspresi gen mRNA yang terkait dengan sumbu reproduksi seperti *Follicle Stimulating Hormone Receptor* (FSHR), *Estrogen Reseptor Beta* (ESR2), dan *Sperm Tracking and Recovery* (STAR) yang berhubungan dengan kinerja bertelur (Abou-Elkhair *et al.*, 2020). Selain itu, sekresi hormon yang dilepaskan oleh ovarium juga penting dalam proses sintesis vitellogenin, yaitu protein paling penting dalam pertumbuhan oosit yang terlibat dalam perkembangan telur (Li dan Zhang, 2017). Sintesis vitellogenin terjadi di organ hati dan prosesnya berada di bawah kontrol hormon estrogen. Oleh karena itu, selain kesehatan organ ovarium, kesehatan organ hati juga penting agar hati secara normal dapat mensintesis vitellogenin.

Antioksidan alami seperti kurkumin yang terkandung dalam kunyit dapat melindungi struktur organ hati dari

kerusakan oksidatif. Kurkumin dapat mencegah peroksidasi lipid membran sel, mencegah pembentukan radikal bebas dan meningkatkan fungsi hati dengan meningkatkan jumlah sel hati dan kapasitas sintetik total hepatosit untuk memproduksi vitellogenin yang dibutuhkan untuk deposisi kuning telur (Saraswati *et al.*, 2013a). Meningkatnya vitellogenin dapat meningkatkan pertumbuhan folikel yang pada akhirnya meningkatkan jumlah produksi telur.

Penambahan antioksidan alami pada pakan juga dapat mengurangi radikal bebas yang berlebihan pada usus dan menjaga mukosa usus (Mishra dan Jha, 2019). Penambahan tepung rumput laut pada pakan burung puyuh jepang dapat meningkatkan aktivitas enzim antioksidan seperti CAT, SOD, dan *Glutathione Peroxidase* (GPx) yang berperan menangkap radikal bebas (Abu-Hafsa *et al.*, 2019). Penurunan radikal bebas secara langsung dihubungkan dengan menurunnya kerusakan oksidatif pada organ

usus sehingga mempertahankan struktur normal mukosa usus. Antioksidan juga diketahui dapat meningkatkan fungsi usus dengan memodulasi morfologi usus. Kandungan antioksidan pada jahe, kulit buah delima dan campuran tepung kunyit dan kayu manis diketahui dapat meningkatkan fungsi villi usus yang dikaitkan dengan meningkatnya absorpsi nutrisi yang dibutuhkan untuk pembentukan telur yang pada akhirnya meningkatkan produksi telur.

Antioksidan Alami Meningkatkan Kualitas Telur

Paparan Pb dengan dosis 3,20-93,20 mg/kg pada pakan menyebabkan nilai *haugh* unit, tinggi albumin, ketebalan dan kekuatan kerabang telur unggas secara linier menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi Pb (Ma *et al.*, 2020). Selain itu, paparan Pb asetat dengan dosis 500 mg/kg pakan menyebabkan penurunan nilai *haugh* unit pada telur burung puyuh (Faryadi *et al.*, 2020). Penurunan nilai *haugh* unit dapat disebabkan oleh gangguan metabolisme protein akibat stres oksidatif yang terjadi pada organ hati sehingga menyebabkan penurunan produksi protein albumin terutama ovomucin (Omana *et al.*, 2010). Antioksidan berpotensi dalam melawan stres oksidatif yang terjadi pada organ-organ yang berhubungan dengan pembentukan telur. Beberapa bahan antioksidan alami yang dapat meningkatkan kualitas telur disajikan pada Tabel 3.

Antioksidan alami yang berasal dari kunyit, kayu manis, *thyme*, jahe, rumput laut dan biji kelor diketahui dapat meningkatkan beberapa parameter kualitas telur burung puyuh jepang secara nyata dibandingkan dengan kelompok kontrol ($P < 0,05$). Semua bahan antioksidan alami tersebut efektif dalam meningkatkan bobot telur. Peningkatan bobot telur berhubungan dengan nilai massa telur. Peningkatan bobot telur ini berkaitan dengan peningkatan asupan nutrisi dari pakan yang memungkinkan deposit nutrisi yang lebih tinggi pada komponen telur sehingga bobot telur secara keseluruhan menjadi lebih berat (Santos *et al.*, 2019).

Peningkatan asupan nutrisi, dalam

memaksimalkan deposit nutrisi pada komponen telur memang diperlukan di samping tingkat penyerapan yang baik pada saluran pencernaan. Saluran pencernaan seperti usus rentan mengalami kerusakan oksidatif akibat oksidan yang masuk bersamaan dengan pakan (Circu dan Aw, 2012). Penambahan antioksidan alami yang mengandung senyawa fenolik seperti jahe, kayu manis, kunyit, rumput laut dan biji kelor pada pakan dapat mengurangi radikal bebas usus dan menjaga mukosa usus.

Dalam konteks kesehatan usus, senyawa fenolik juga bermanfaat dalam meningkatkan morfologi usus (Hashemi dan Davoodi, 2011). Peningkatan morfologi usus berhubungan dengan peningkatan tinggi, lebar dan kedalaman villi usus (Şimşek *et al.*, 2015), yang pada akhirnya meningkatkan absorpsi nutrisi yang dibutuhkan untuk pembentukan telur yang baik. Peningkatan absorpsi juga meningkatkan penyerapan mineral yang dibutuhkan untuk pembentukan kerabang telur seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan natrium (Na) (Silaban *et al.*, 2019), yang pada akhirnya meningkatkan kualitas kerabang telur.

Indeks dan warna kuning telur berhubungan dengan organ hati. Prekursor senyawa lipid dan protein kuning telur disintesis di hati dan kemudian disekresikan ke dalam aliran darah untuk mencapai ovarium dan pada ovarium senyawa ini masuk ke dalam oosit (Réhault-Godbert dan Guyot, 2018). Meningkatnya indeks kuning telur yang dihitung berdasarkan tinggi dan diameter kuning telur dipengaruhi oleh banyaknya senyawa yang disintesis untuk kuning telur. Selain itu, kuning telur yang berwarna kuning pucat dapat disebabkan oleh gangguan fungsi hati yang menyebabkan terhambatnya metabolisme lipid dan deposisi pigmen pada kuning telur (Ahmadi dan Rahimi, 2011).

Fungsi hati yang optimal sangat penting untuk pembentukan kuning telur yang baik karena perannya dalam sintesis senyawa dan metabolime pigmen kuning telur. Kerusakan oksidatif yang mengganggu fungsi hati perlu untuk dihindari. Kurkumin dalam kunyit dapat memberikan efek anti-

hepatotoksik melalui pencegahan peroksidasi lipid pada membran sel dan melindungi hepatosit (Saraswati *et al.*, 2013b).

Selain itu, adanya peningkatan ROS pada organ reproduksi dapat menyebabkan kerusakan oksidatif yang kemudian dapat menurunkan kualitas telur (Torki *et al.*, 2015). *Thyme* dapat meningkatkan kondisi lingkungan kecil uterus (tempat deposisi Ca) sehingga meningkatkan ketebalan kerabang telur (Ali *et al.*, 2007). Selain itu, kunyit dapat menstimulasi pertumbuhan sel-sel epitel dan kelenjar tubuler magnum untuk mensistesis dan mensekresikan albumin yang akhirnya meningkatkan *haugh* unit (Saraswati *et al.*, 2013b). Dengan demikian suatu peningkatan pertahanan antioksidan di organ-organ yang berhubungan dengan pembentukan telur dapat meningkatkan kualitas telur.

Antioksidan Meningkatkan Kualitas Daging

Daging burung puyuh mengandung konsentrasi *Polyunsaturated Fatty Acid* (PUFA) yang relatif tinggi sehingga rentan mengalami proses oksidasi (Genchev *et al.*, 2008). Proses oksidasi dapat menyebabkan kerusakan oksidatif lemak dan protein daging yang menjadi penyebab penurunan kualitas daging (Falowo *et al.*, 2014). Antioksidan alami diketahui dapat mencegah proses oksidasi sehingga berpotensi meningkatkan kualitas daging burung puyuh. Beberapa antioksidan alami tersebut disajikan pada Tabel 4.

Antioksidan alami yang berasal dari kayu manis, *thyme*, pepermin, dan jamur tiram dapat diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas daging. Peningkatan ini berhubungan dengan peningkatan stabilitas oksidatif daging. Pada penelitian-penelitian yang dikaji ini, pengukuran stabilitas oksidatif daging dilakukan dengan metode *Thiobarbituric Acid Reactive Substances* (TBARS) menunjukkan nilai MDA yang lebih rendah secara nyata dibandingkan dengan kontrol ($p < 0,05$). Hal ini terjadi karena aktivitas antioksidan alami tersebut berasal dari senyawa fenolik yang dapat

mencegah oksidasi lipid dengan mekanisme menetralkan radikal bebas dengan mendonorkan atom hidrogen sehingga dihasilkan radikal antioksidan yang stabil, reaktivitasnya rendah dan tidak memulai pembentukan radikal baru (Shahidi dan Zhong, 2010).

Oksidasi lipid dapat menurunkan pH karena adanya oksidasi asam lemak tak jenuh (terutama PUFA) pada daging sehingga menghasilkan molekul asam ringan seperti asam hidroksi dan asam keto (Belitz *et al.*, 2004). Daging dengan pH ultimat rendah akan tampak pucat, kehilangan air lebih banyak dan nilai *Water Holding Capacity* (WHC) menjadi lebih rendah (Warner, 2017). Jamur tiram dapat meningkatkan pH daging dan bahkan seiring waktu penyimpanan hingga 15 hari, pH daging dipertahankan tetap berada pada kisaran yang normal yaitu 5,8-6,2 (Vargas-Sánchez *et al.*, 2018). Peningkatan nilai pH ini berhubungan dengan efek antioksidan yang dapat mencegah oksidasi lipid yang menyebabkan rendahnya produksi molekul asam ringan (Aksu *et al.*, 2014).

Parameter warna daging terdiri atas L^* (*lightness*), a^* (*redness*), dan b^* (*yellowness*). Nilai L^* dan b^* yang menurun dengan nilai a^* yang meningkat mengindikasikan bahwa suplementasi jamur tiram berhasil melawan perubahan warna pada daging burung puyuh (Vargas-Sánchez *et al.*, 2018). Begitu juga pepermin yang secara aktif mengontrol hilangnya warna daging (Aminzade *et al.*, 2012). Meningkatnya nilai a^* terjadi karena antioksidan alami dapat memperlambat kehilangan warna daging dengan memperlambat pembentukan metmyoglobin, yang menyebabkan daging berwarna coklat tidak menarik (Aksu *et al.*, 2014).

Produk sekunder oksidasi lipid dapat bereaksi dengan protein sehingga menyebabkan terjadinya oksidasi protein (Zhang *et al.*, 2011). Oksidasi pada protein miofibril dapat menyebabkan penyusutan serat kontraktil dan melemahkan ikatan protein dengan air sehingga menurunkan WHC. Penambahan kayu manis, *thyme* dan jamur tiram pada pakan secara signifikan

meningkatkan nilai WHC ($p < 0,05$) karena kandungan senyawa fenoliknya dapat meningkatkan sistem antioksidan pada daging dan mencegah oksidasi protein dengan mekanisme menangkap radikal bebas.

Penambahan kayu manis, pepermin dan jamur tiram pada pakan efektif dalam menurunkan *drip loss* dan *cooking loss*. Peningkatan kualitas kehilangan air pada daging ini dapat berhubungan dengan stabilitas oksidasi dari antioksidan alami tersebut yang dapat mencegah oksidasi protein. Hal ini karena oksidasi protein daging dapat menurunkan kemampuan protein untuk membangun ikatan hidrogen, elektrostatik dan kapiler dengan molekul air sehingga menyebabkan *drip loss* yang lebih tinggi (Traore *et al.*, 2012). Berkenaan dengan hal tersebut maka dapat dinyatakan bahwa antioksidan alami efektif dalam mencegah terjadinya oksidasi lipid dan protein pada daging sehingga meningkatkan stabilitas oksidatif daging yang berkorelasi positif dengan kualitas daging.

SIMPULAN

Antioksidan alami berpotensi dalam menurunkan residu Pb pada jaringan tubuh, meningkatkan kuantitas dan kualitas telur, dan meningkatkan kualitas daging burung puyuh jepang. Mekanisme kerja antioksidan alami tersebut mencakup peningkatan sistem antioksidan tubuh, aktivitas pengkelatan, melindungi organ reproduksi, hati, dan saluran pencernaan yang berhubungan dengan pembentukan telur dari kerusakan oksidatif dan mencegah terjadinya oksidasi lipid dan protein pada daging.

SARAN

Dibutuhkan artikel kajian pustaka lebih lanjut untuk mengeksplorasi sumber atau bahan antioksidan alami lain yang berpotensi menjadi kandidat sebagai penurun residu Pb pada jaringan tubuh burung puyuh jepang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran beserta kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan proses penulisan kajian pustaka (*literature review*) ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas RJ, Al-Salhie KCK, Al-Hummod SKM. 2017. The effect of using different levels of pomegranate (*Punica granatum*) peel powder on productive and physiological performance of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). *Livestock Research for Rural Development* 29(12): 1–7.
- Abd El-Galil K, Mahmoud HA. 2015. Effect of ginger roots meal as feed additives in laying Japanese quails diets. *Journal of American Science* 11(2): 164–173.
- Abou-Elkhair R, Abdo Basha H, Slouma Hamouda Abd El Naby W, Ajarem JS, Maodaa SN, Allam AA, Naiel MAE. 2020. Effect of a Diet Supplemented with the *Moringa oleifera* Seed Powder on the Performance, Egg Quality, and Gene Expression in Japanese Laying Quail under Heat-Stress. *Animals* 10(5): 1–12.
- Abu-Hafsa SH, Zeweil HS, Zahran SM, Ahmed MH, Dosoky W, Rwif NA. 2019. Effects of Dietary Supplementation With Green and Brown Seaweeds on Laying Performance, Egg Quality, and Blood Lipid Profile and Antioxidant Capacity in Laying Japanese Quail. *Egyptian Poultry Science Journal* 39(I): 41–59.
- Ahmadi F, Rahimi F. 2011. Factors Affecting Quality and Quantity of Egg Production in Laying Hens: A Review. *World Applied Sciences Journal* 12(3): 372–384.
- Ahmed AM, Hamed DM, Elsharawy NT. 2017. Evaluation of some heavy metals residues in batteries and deep

- litter rearing systems in japanese quail meat and offal in Egypt. *Veterinary World* 10(2): 262–269.
- Aksu T, Aksu Mİ, Önel SE, Yakan A, Kaya DA, Baylan M. 2014. Effect of thyme oil (*Thymbra spicata* l. Var. *Spicata*) on meat quality in Japanese quails. *European Poultry Science* 78: 1–11.
- Alagawany M, Abd El-Hack ME, Farag MR, Elnesr SS, El-Kholy MS, Saadeldin IM, Swelum AA. 2018. Dietary supplementation of *Yucca schidigera* extract enhances productive and reproductive performances, blood profile, immune function, and antioxidant status in laying Japanese quails exposed to lead in the diet. *Poultry Science* 97(9): 3126–3137.
- Ali MN, Hassan MS, Abd El-Ghany FA. 2007. Effect of Strain, Type of Natural Antioxidant and Sulphate Ion on Productive, Physiological and Hatching Performance of Native Laying Hens. *International Journal of Poultry Science* 6(8): 539–554.
- Aminzade B, Karami B, Lotfi E. 2012. Meat quality characteristics in Japanese quails fed with *Mentha piperita* plant. *Animal Biology & Animal Husbandry International Journal of the Bioflux Society* 4(1): 20–23.
- Ashour EA, El-Kholy MS, Alagawany M, Abd El-Hack ME, Mohamed LA, Taha AE, El Sheikh AI, Laudadio V, Tufarelli V. 2020. Effect of Dietary Supplementation with *Moringa oleifera* Leaves and/or Seeds Powder on Production, Egg Characteristics, Hatchability and Blood Chemistry of Laying Japanese Quails. *Sustainability* 12(6): 2463.
- Belitz H-D, Grosch W, Schieberle P. 2004. Food Chemistry. In *Angewandte Chemie International Edition*. Berlin Heidelberg. Springer.
- Bokara KK, Brown E, McCormick R, Yallapragada PR, Rajanna S, Bettaiya R. 2008. Lead-induced increase in antioxidant enzymes and lipid peroxidation products in developing rat brain. *BioMetals* 21(1): 9–16.
- Carocci A, Catalano A, Lauria G, Sinicropi MS, Genchi G. 2016. Lead Toxicity, Antioxidant Defense and Environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 238: 45–67).
- Circu ML, Aw TY. 2012. Intestinal redox biology and oxidative stress. *Seminars. Cell & Developmental Biology* 23(7): 729–737.
- El Okle OS, Lebda MA. 2014. Could Alpha-Lipoic Acid Protect Against Sub-chronic Toxicity of Heavy Metals Mixture in Japanese Quails? *Life Science Journal* 11(12): 907–917.
- Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. 2014. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International* 64: 171–181.
- Farag MR, Alagawany M, Abd El-Hack ME, El-Sayed SAA, Ahmed SYA, Samak DH. 2018. *Yucca schidigera* extract modulates the lead-induced oxidative damage, nephropathy and altered inflammatory response and glucose homeostasis in Japanese quails. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 156: 311–321.
- Faryadi S, Skeikhahmadi A, Sadeghi A. 2020. Effect of Purslane powder and Zinc supplementation on the performance, egg quality, antioxidant system and liver histopathology of lead-exposed laying Quails. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 71(3): 2363–2374.
- Flora G, Gupta D, Tiwari A. 2012. Toxicity of lead: A review with recent updates. *Interdisciplinary Toxicology* 5(2): 47–58.
- Genchev A, Mihaylova G, Ribarski S, Pavlov A, Kabakchiev M. 2008. Meat quality and composition in Japanese quails. *Trakia Journal of Sciences* 6(4): 72–82.
- Haleagraha N, Jackie T, Chakravart S, Kulur AB. 2011. Protective Effect of Alpha-

- lipoic Acid Against Lead Acetate-Induced Oxidative Stress in the Bone Marrow of Rats. *International Journal of Pharmacology* 7(2): 217–227.
- Hashemi SR, Davoodi H. 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications* 35(3): 169–180.
- He Y, Wang L, Li X, Zhao H. 2020. The effects of chronic lead exposure on the ovaries of female juvenile Japanese quails (*Coturnix japonica*): Developmental delay, histopathological alterations, hormone release disruption and gene expression disorder. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 205(620): 111338.
- Kou H, Fu Y, He Y, Jiang J, Gao X, Zhao H. 2019. Chronic lead exposure induces histopathological damage, microbiota dysbiosis and immune disorder in the cecum of female Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 183(620): 109588.
- Kou H, Ya J, Gao X, Zhao H. 2020. The effects of chronic lead exposure on the liver of female Japanese quail (*Coturnix japonica*): Histopathological damages, oxidative stress and AMP-activated protein kinase based lipid metabolism disorder. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 190(620): 110055.
- Li H, Zhang S. 2017. Functions of Vitellogenin in Eggs. *Results and Problems. Cell Differentiation* 63: 389–401.
- Ma Y, Shi YZ, Wu QJ, Wang YQ, Wang JP, Liu ZH. 2020. Effects of varying dietary intoxication with lead on the performance and ovaries of laying hens. *Poultry Science* 99(9): 4505–4513.
- Mehdipour Z, Afsharmanesh M, Sami M. 2013a. Effects of dietary synbiotic and cinnamon (*Cinnamomum verum*) supplementation on growth performance and meat quality in Japanese quail. *Livestock Science* 154(1–3): 152–157.
- Mehdipour Z, Afsharmanesh M, Sami M. 2013b. Effects of supplemental thyme extract (*Thymus vulgaris* L.) on growth performance, intestinal microbial populations, and meat quality in Japanese quails. *Comparative Clinical Pathology* 23(5): 1503–1508.
- Mehri M, Sabaghi V, Bagherzadeh-Kasmani F. 2015. *Mentha piperita* (peppermint) in growing Japanese quails' diet: Serum biochemistry, meat quality, humoral immunity. *Animal Feed Science and Technology* 206(2015): 57–66.
- Mishra B, Jha R. 2019. Oxidative Stress in the Poultry Gut: Potential Challenges and Interventions. *Frontiers in Veterinary Science* 6(60): 1–5.
- Nemati Z, Moradi Z, Alirezalu K, Besharati M, Raposo A. 2021. Impact of ginger root powder dietary supplement on productive performance, egg quality, antioxidant status and blood parameters in laying Japanese quails. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18(6): 2995–3008.
- Omana DA, Wang J, Wu J. 2010. Ovomucin—a glycoprotein with promising potential. *Trends in Food Science & Technology* 21(9): 455–463.
- Osičková J, Bandouchová H, Kováčová V, Král J, Novotný L, Ondráček K, Pohanka M, Sedláčková J, Škochová H, Vitula F, Pikula J. 2014. Oxidative stress and liver damage in birds exposed to diclofenac and lead. *Acta Veterinaria Brno* 83(4): 299–304.
- Putri AAA, Widodo A, Damayanti R, Suprayogi TW. 2020. The potency of giving turmeric (*Curcuma domestica* Val) flour to the quality of quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Journal of Applied Veterinary Science and Technology* 1: 1–5.
- Réhault-Godbert S, Guyot N. 2018. Vitellogenesis and Yolk Proteins, Birds. *Encyclopedia of Reproduction* 6: 278–284.
- Santos TS, Lopes C da C, Oliveira Junior GM, Santos LM, Santana CCS, Souza DM. 2019. The use of cinnamon powder in the diet of

- Japanese laying quail. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 41(1): 1–7.
- Saraswati TR, Manalu W, Ekastuti DR, Kusumorini N. 2013a. The role of turmeric powder in lipid metabolism and its effect on quality of the first quail's egg. *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 38(2): 123–130.
- Saraswati TR, Manalu W, Ekastuti DR, Kusumorini N. 2013b. Increased Egg Production of Japanese Quail (*Coturnix japonica*) by Improving Liver Function Through Turmeric Powder Supplementation. *International Journal of Poultry Science* 12(10): 601–614.
- Shahidi F, Zhong Y. 2010. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. *Chemical Society Reviews* 39(11): 4067–4079.
- Silaban EM, Tafsin M, Hanafi ND. 2019. Free Choice Feeding on the Quality of Quail Eggs (*Coturnix coturnix-japonica*). *Indonesian Journal of Agricultural Research* 2(2): 50–65.
- Şimşek ÜG, Çiftçi M, Özçelik M, Azman MA, Tonbak F, Özhan N. 2015. Effects of cinnamon and rosemary oils on egg production, egg quality, hatchability traits and blood serum mineral contents in laying quails (*Coturnix coturnix Japonica*). *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 62(3): 229–236.
- Suljević D, Handžić N, Fočak M, Lasić I, Sipović F, Sulejmanović J, Begić S, Alijagić A. 2020. Lead Exposure Influences Serum Biomarkers, Hepatocyte Survival, Bone Marrow Hematopoiesis, and the Reproductive Cycle in Japanese Quails. *Biological Trace Element Research* 199(4): 1574–1583.
- Suwarda FX, Suryani CL. 2019. The effects of supplementation of cinnamon and turmeric powder mixture in ration of quail on performance and quality of eggs. *World's Veterinary Journal* 9(4): 249–254.
- Torki M, Akbari M, Kaviani K. 2015. Single and combined effects of zinc and cinnamon essential oil in diet on productive performance, egg quality traits, and blood parameters of laying hens reared under cold stress condition. *International Journal of Biometeorology* 59(9): 1169–1177.
- Traore S, Aubry L, Gatellier P, Przybylski W, Jaworska D, Kajak-Siemaszko K, Lhoutellier V. 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation. *Meat Science* 90(4): 917–924.
- Vali N, Mottaghi S. 2016. The effect of using different levels of cinnamon and powder on egg characteristics and fatty acids profile in japanese quail. *Centre for Info Biology Technology Journal of Zoology* 5(3): 2319–3883.
- Vali N, Shahin H, Vatankhah M. 2013. Determination of the effects of *Cinnamomum zeylanicum* Blume and *Thymus vulgaris* on performance and egg quality of Japanese quail (*Coturnix japonica*). *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences* 3(9): 280–284.
- Vargas-Sánchez RD, Torrescano-Urrutia GR, Ibarra-Arias FJ, Portillo-Loera JJ, Ríos-Rincón FG, Sánchez-Escalante A. 2018. Effect of dietary supplementation with *Pleurotus ostreatus* on growth performance and meat quality of Japanese quail. *Livestock Science* 207: 117–125.
- Wang S, He G, Chen M, Zuo T, Xu W, Liu X. 2017. The Role of Antioxidant Enzymes in the Ovaries. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2017: 1–14.
- Warner RD. 2017. The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. Pp. 419–459.
- WHO (World Health Organization). 2011. Evaluation of Certain Food Additives and Contaminants (Vol. 73).
- Xing T, Gao F, Tume RK, Zhou G, Xu X. 2018. Stress Effects on Meat Quality: A Mechanistic Perspective. *Compre-*

hensive Reviews in Food Science and Food Safety 18(2): 380–401.

Zhang W, Xiao S, Lee EJ, Ahn DU. 2011. Consumption of Oxidized Oil Increases Oxidative Stress in Broilers and Affects the Quality of Breast Meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(3): 969–974.