KAJIAN PEMANFAATAN ASAM ASKORBAT PADA ACTIVE PACKAGING UNTUK MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN PANGAN BERLEMAK

UTILIZATION OF ASCORBIC ACID IN ACTIVE PACKAGING TO EXTEND THE SHELF LIFE OF FATTY FOODS

Regina Jessica Emai[1], Ignasius Radix Astadi Praptono Jati[2]
[1]Mahasiswa Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
[2]Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
foodtech.regina.j.21@ukwms.ac.id

Abstrak

Pangan baik yang belum diolah maupun yang sudah diolah mudah mengalami kerusakan apabila tidak disimpan dengan baik. Pengemasan merupakan salah satu cara yang efektif untuk menghambat kerusakan pangan dengan melindungi produk pangan dari kontaminan eksternal serta mencegah perubahan fisik, kimia, dan biologis selama penyimpanan. Salah satu jenis kemasan yang dapat memperpanjang umur simpan pangan adalah *active packaging*. Asam askorbat memiliki sifat antioksidan dengan menangkap dan menetralkan radikal bebas yang berperan dalam proses oksidasi dengan mendonorkan elektronnya sehingga dapat memutus reaksi oksidasi berantai. Penambahan asam askorbat pada active packaging dapat mencegah pangan, khususnya pangan berlemak, mengalami oksidasi sehingga dapat mencegah perubahan rasa, aroma, dan warna yang tidak diinginkan pada produk seperti rasa pahit, aroma tengik, dan warna produk yang menjadi lebih gelap serta dapat memperpanjang umur simpan pangan dalam kemasan. Salah satu contoh aplikasinya adalah minyak biji bunga matahari yang dikemas dalam *active packaging* dengan penambahan asam askorbat memiliki umur simpan 12 hari lebih lama daripada kemasan biasa.

Kata kunci: *active packaging*, asam askorbat, antioksidan

Abstract

Food, both unprocessed and processed, is easily damaged if not stored properly. Packaging is an effective way to prevent food spoilage by protecting food products from external contaminants and preventing physical, chemical, and biological changes during storage. One type of packaging that can extend the shelf life of food is active packaging. Ascorbic acid has antioxidant properties by scavenging and neutralizing free radicals which play a role in the oxidation process by donating electrons so that they can break the oxidation chain reaction. The addition of ascorbic acid to active packaging can prevent food, especially fatty foods, from oxidizing so that it can prevent undesirable changes in taste, aroma, and color in products such as bitter taste, rancid aroma, product color becoming darker, and also can extend shelf life of food. One example of its application is sunflower oil which is packaged in active packaging with the addition of ascorbic acid, which has a shelf life of 12 days longer than regular packaging.

Keywords: active packaging, ascorbic acid, antioxidant

PENDAHULUAN

Pangan baik yang belum diolah maupun yang sudah diolah mudah mengalami kerusakan apabila tidak disimpan dengan baik. Salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan pada pangan adalah paparan oksigen. Pangan yang mengandung banyak asam lemak tidak jenuh rentan mengalami oksidasi karena ikatan rangkap pada asam lemak tidak jenuh mudah bereaksi dengan oksigen. Molekul oksigen yang terus bereaksi dengan asam lemak akan membentuk radikal bebas. Radikal bebas yang bereaksi dengan oksigen dari luar akan membentuk hidroperoksida dan menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti aldehida, alkohol, dan asam sehingga dapat menyebabkan perubahan rasa, aroma, dan warna yang tidak diinginkan pada produk seperti rasa pahit, aroma tengik, dan warna produk yang menjadi lebih gelap (Wrona et al., 2023). Kerusakan pangan akibat oksidasi dapat dicegah dengan penggunaan kemasan yang sesuai. Beragam jenis kemasan tersedia untuk produk pangan, mulai dari yang konvensional seperti plastik, kertas, kaca, logam, kemasan *edible* yang dapat dikonsumsi, kemasan *biodegradable* yang mudah terurai di lingkungan, hingga kemasan inovatif seperti *smart packaging* dan *active packaging*. *Smart packaging* merupakan kemasan yang dapat memberikan informasi yang menyeluruh dan mudah dilihat oleh konsumen terkait dengan kualitas dan kesegaran pangan di dalam kemasan (Zhao et al., 2022a). Sedangkan *active packaging* merupakan kemasan yang terbuat dari plastik, *biodegradable film*, atau *edible film*, dengan penambahan bahan aktif, seperti antioksidan, antimikroba, *absorbers* atau *emitters*. Bahan aktif tersebut akan berinteraksi dengan atmosfer di sekitar pangan atau bereaksi dengan produk pangan sehingga dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan pangan (Wrona et al., 2023b). Salah satu jenis senyawa yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang dapat ditambahkan pada kemasan adalah asam askorbat. Asam askorbat merupakan suatu asam organik berbentuk kristal putih atau bubuk kristal yang dapat larut dalam air, secara struktural mirip dengan glukosa, terasa asam, tidak berbau, dan warnanya akan semakin berubah menjadi kuning setelah disimpan dalam jangka waktu lama (Guan et al., 2023). Asam askorbat alami banyak terdapat di dalam buah-buahan sitrus famili *Rutaceae* seperti jeruk dan lemon (Belete et al., 2023). Asam askorbat, yang juga dikenal sebagai vitamin C, memiliki kemampuan antioksidan yang kuat sehingga dapat mencegah kerusakan pada pangan yang mudah teroksidasi. Asam askorbat dapat menangkap radikal bebas yang berperan dalam proses oksidasi dengan mentransfer elektron sehingga dikatakan memiliki kemampuan antioksidan yang kuat (Pirnia et al., 2022). Kemampuan antioksidan yang kuat menjadikan asam askorbat sebagai pilihan yang tepat untuk ditambahkan ke dalam *active packaging* sebagai kemasan untuk mengemas pangan yang mudah teroksidasi (Pirnia et al., 2022). Oleh sebab itu, perlu dikaji mengenai pemanfaatan asam askorbat pada *active packaging* untuk memperpanjang umur simpan pangan.

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI KEMASAN PANGAN

Pengemasan merupakan salah satu cara yang efektif untuk menghambat kerusakan pangan dengan melindungi produk pangan dari kontaminan eksternal serta mencegah perubahan fisik, kimia, dan biologis selama penyimpanan. Awalnya hanya terdapat kemasan konvensional yang terbuat dari kertas, plastik, gelas, dan logam. Namun di zaman modern ini mulai dikembangkan kemasan-kemasan yang inovatif seperti kemasan *edible, smart packaging,* dan *active packaging* karena kemasan konvensional hanya memberikan penghalang terhadap oksigen, kelembapan, dan cahaya, namun tidak dapat secara aktif mencegah kerusakan makanan selama penyimpanan (Glicerina et al., 2023).

Kemasan *Edible*

Kemasan *edible* merupakan kemasan pangan yang dapat dimakan karena terbuat dari polimer atau bahan alami yang dapat terdegradasi. Tujuan diciptakannya kemasan *edible* adalah untuk mengurangi residu agroindustri serta untuk mengurangi emisi karbon (Coimbra et al., 2023). Walaupun kemasan *edible* dapat dikonsumsi, kemasan ini tetap dapat melindungi dan

meningkatkan kualitas produk pangan. Umumnya pada kemasan *edible* ditambahkan bahan aktif seperti antioksidan dan antimikroba sehingga dapat memperpanjang umur simpan pangan dalam kemasan (Coimbra et al., 2023).

Kemasan *edible* umumnya terbuat dari polisakarida dan protein yang diekstraksi dari tumbuhan, hewan, dan alga, seperti pati, pektin, gom, alginat, gelatin, kitosan, turunan selulosa, dan protein *whey*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Penggunaan biopolimer dalam kemasan *edible* dapat dikombinasikan dengan *plasticizer* seperti gliserol yang bertujuan untuk memberikan fleksibilitas pada kemasan *edible* (Coimbra et al., 2023).

Tabel 1. Pengembangan kemasan *edible*

No.	Bahan	Aplikasi	Referensi
1	Kulit kentang dan kulit kwinsi	Keju yang diawetkan	(Coimbra et al., 2023)
2	Kitosan dan bit merah	Ayam *fillet*	(Ranjbar et al., 2023)
3	Tepung maizena dan ekstrak mikroalga *Chlorella vulgaris*	Dodol	(Agustini et al., 2023)
4	Nanopartikel tepung akar teratai dengan *quercetin* terenkapsulasi (QNPs), *gellan gum*, dan tepung akar teratai	Anggur	(Zeng et al., 2024)
5	Nanopartikel ZnO	Roti	(Yasmeen et al., 2023)
6	Kitosan dan ekstrak *Nigella sativa* L.	Anggur	(Karkar et al., 2023)
7	Ektstrak kulit buah delima dengan tepung biji nangka	Anggur putih	(Bodana et al., 2023)

Smart Packaging

Smart packaging merupakan salah satu kemasan inovatif yang dapat memberikan informasi yang mudah dilihat dan menyeluruh mengenai kualitas dan kesegaran pangan dalam kemasan kepada konsumen. Konsumen dapat mengetahui status kesegaran pangan dengan melihat perubahan warna kemasan apabila terdapat kontaminasi mikroba atau perubahan kimia pada pangan yang dikemas (Zhao et al., 2022b).

Smart packaging umumnya terbuat dari matriks polimer *biodegradable*, seperti polisakarida, protein, dan lipida serta pigmen alami yang sensitif terhadap pH atau amonia. Pigmen alami seperti betasianin, antosianin, dan kurkumin pada umumnya diisolasi dari tumbuhan dan telah banyak digunakan dalam produksi *smart packaging* untuk memantau kesegaran pangan dalam kemasan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Namun pigmen-pigmen alami tersebut masih memiliki beberapa kelemahan seperti prosedur ekstraksi yang rumit, memerlukan biaya yang cukup tinggi, serta memiliki stabilitas yang cukup rendah (Li et al., 2023)

Tabel 2. Pengembangan *smart packaging*

No.	Bahan	Aplikasi	Referensi
1	Polivinil alkohol, ekstrak betasianin bunga jengger	Pemantauan tingkat kesegaran udang	(Wu et al., 2021)
2	Pati dan ekstrak antosianin bunga *Clitoria ternatea*	Pemantauan tingkat kesegaran babi	(Koshy et al., 2021)
3	Ekstrak kelopak Lor *opetalum chinense* var. *Rubrum*, dan *bean gum/polyvinyl alcohol*	Pemantauan tingkat kesegaran udang	(Yun et al., 2022)
4	Kurkumin dan matriks isolat protein kedelai	Pemantauan tingkat kesegaran udang	(Li et al., 2022)
5	Guar gum-natrium alginat dan nanokomposit *carbon dots* glukosa-gliserol	Pemantauan tingkat kelembapan roti	(Rahman & Chowdhury, 2022)
6	Kitosan/gelatin dan ekstrak bayam gulma	Pemantauan tingkat kesegaran ikan	(Bakouri et al., 2023)
7	Kitosan dan ekstrak antosianin bit merah	Pemantauan tingkat kesegaran ayam filet	(Ranjbar et al., 2023)
8	Gelatin/karagenan, *Cumetal organic framework* (Cu-MOF), dan ekstrak antosianin kubis merah	Pemantauan tingkat kesegaran udang	(Khan et al., 2023)

Active Packaging

Active packaging merupakan salah satu kemasan inovatif yang dikembangkan untuk memperkuat fungsi perlindungan dari bahan pengemas sehingga dapat memperpanjang umur simpan produk pangan (Glicerina et al., 2023). *Active packaging* adalah kemasan yang dirancang dengan sengaja menambahkan bahan aktif, seperti asam askorbat sebagai O_2 *scavengers*, $KMnO_4$ sebagai *ethylene scavengers*, kitosan sebagai antimikroba, asam sitrat sebagai CO_2 *emitters*, dan senyawa fenolik sebagai antioksidan, yang dapat melepas atau menyerap zat ke dalam atau dari pangan, kemasan, atau lingkungan sekitar pangan dengan tujuan untuk mempertahankan dan meningkatkan kualitas serta memperpanjang umur simpan produk pangan (Vilela et al., 2018).

Active packaging dapat dibuat dengan memasukkan sachet yang berisi senyawa aktif tertentu atau menambahkan zat aktif langsung ke dalam bahan pengemas dengan teknik imobilisasi atau modifikasi permukaan (Glicerina et al., 2023). Contoh pengembangan *active packaging* dapat dilihat pada Tabel 3.

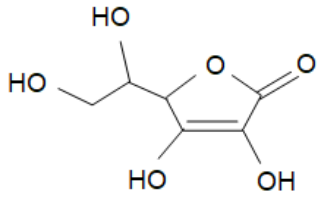
Tabel 3. Pengembangan *active packaging*

No.	Bahan	Aplikasi	Referensi
1	Polimer *polylactic acid* (PLA), natrium alginat, dan asam askorbat	Penghambatan oksidasi lemak pada minyak biji bunga matahari dan saus pesto Genovese	(Glicerina et al., 2023)
2	LDPE, aluminosilikat, dan *carvacrol*	Penghambatan oksidasi lemak pada keripik	(Wrona et al., 2023a)
3	Polimer *polylactic acid* (PLA) dan *bixin*	Penghambatan oksidasi lemak pada minyak biji bunga matahari	(Stoll et al., 2023)
4	Kitosan dan supernatan sel bebas dari *Lacticaseibacillus paracasei* ALAC-4	Antijamur dan memperpanjang umur simpan *Mongolian cheese*	(Dong et al., 2023)
5	*Carvacrol*, eugenol, β-siklodekstrin, dan kertas	Penghambatan oksidasi pada lemon	(LópezGómez et al., 2023)
6	Selulosa asetat termoplastik, hidroksida berlapis ganda (LDH) termodifikasi, dan kalium sorbet	Mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan buah delima	(Oliviero et al., 2023)
7	Nanopartikel asam klorogenat, matriks polimer gelatin, dan kitosan	Pencegahan *browning* pada pisang dan antimikroba pada daging ayam	(Ma et al., 2024)

ASAM ASKORBAT SEBAGAI *ACTIVE AGENT*

Struktur Asam Askorbat

Asam askorbat merupakan senyawa asam organik dengan rumus $C_6H_8O_6$. Secara struktural, asam askorbat mirip dengan glukosa. Asam askorbat memiliki ikatan rangkap pada karbon C2 dan C3 serta empat gugus hidroksil (Gambar 1.). Oleh karena posisi gugus karbonil dan hidroksil yang berdekatan pada strukturnya, asam askorbat dapat menjadi donor hidrogen atau elektron yang ideal sehingga menyebabkan asam askorbat menjadi kofaktor dari banyak reaksi enzimatik dalam organisme hidup. Di alam, asam askorbat tersedia dalam *bentuk D-iso ascorbic acid, D-ascorbic acid, L-iso ascorbic acid,* dan *Lascorbic acid* namun hanya *L-ascorbic acid* yang aktif secara biologis (Gęgotek & Skrzydlewska, 2022).



Gambar 1. Struktur asam askorbat
Sumber: Gęgotek & Skrzydlewska (2022)*dengan modifikasi

Sifat Asam Askorbat

Asam askorbat merupakan asam lemah yang larut air, berbentuk bubuk kristal atau kristal putih, tidak berbau, dan berasa asam (Guan et al., 2023). Asam askorbat mudah teroksidasi jika terpapar panas tinggi, cahaya matahari, dan oksigen dalam jangka waktu yang lama. Selain itu, asam askorbat dalam sediaan larutan sangat tidak stabil dan akan langsung teroksidasi secara *reversible*. Asam askorbat dapat dioksidasi oleh satu elektron menjadi keadaan radikal atau dioksidasi ganda menjadi bentuk stabil, yaitu asam dehidroaskorbat. Asam dehidroaskorbat dapat teroksidasi secara *irreversible* menjadi senyawa-senyawa seperti 2,3-*Diketo-L-Gulonic Acid* dan *L-Xylosome* sehingga warnanya akan menjadi lebih gelap. Asam askorbat merupakan donor elektron yang baik dan telah terbukti sebagai antioksidan dan reagen redox yang baik (Abdulsalam et al., 2020). Asam askorbat berperan sebagai antioksidan dengan menangkap dan menetralkan radikal bebas yang berperan dalam proses oksidasi dengan mendonorkan elektronnya sehingga dapat memutus reaksi oksidasi berantai (Pirnia et al., 2022). Dalam reaksi berantai peroksidasi lemak, asam askorbat dapat berperan sebagai pro-oksidan dan antioksidan. Apabila terdapat ion logam bebas, asam askorbat dapat bertindak sebagai pro-oksidan dengan mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+}

kemudian Fe^{2+} yang bereaksi dengan hidrogen peroksida akan membentuk radikal hidroksil. Sebagai pro-oksidan dalam reaksi berantai peroksidasi lemak, asam askorbat mengkatalisis konversi lipid hidroperoksida (LOOH) menjadi produk lipid peroksidasi (LPO.) yang reaktif, seperti malondialdehid (MDA) dan 4-hidroksi-2(E)-nonenal (4HNE). LPO. yang reaktif dapat merusak makromolekul, seperti DNA, RNA, dan protein serta dapat memicu reaksi sitotoksis, genotoksis, dan inflamasi. Sedangkan asam askorbat sebagai antioksidan berperan mengubah LPO. yang reaktif menjadi konjugat produk LPO-vitamin C yang tidak reaktif sehingga dapat mencegah reaksi antara LPO. dengan makromolekul, seperti DNA, RNA, dan protein (Telangana et al., 2023). Selain itu, asam askorbat juga mereduksi α-tokoferol radikal menjadi α-tokoferol dengan mendonorkan elektronnya ke α-tokoferol radikal (Tomovska et al., 2018).

Sumber Asam Askorbat

Asam askorbat tidak dapat disintesis oleh manusia karena kekurangan L-gulonolakton oksidase. Pada sebagian besar mamalia, asam askorbat dapat diproduksi dari glukosa. Pada makanan, asam askorbat alami banyak terdapat di dalam buahbuahan sitrus famili *Rutaceae* seperti jeruk dan lemon (Gómez Urios et al., 2023). Selain jeruk dan lemon, beberapa buah, sayur, dan daging juga mengandung asam askorbat (Tabel 4.).

Tabel 4. Kadar asam askorbat dalam pangan

No.	Pangan	Kadar (mg/100g)	Referensi
1	Apel	18-25	(Belete et al., 2023)
2	Anggur	15	(Belete et al., 2023)
3	Lemon	49-54	(Belete et al., 2023)
4	Mangga	27-30	(Belete et al., 2023)
5	Jeruk	51	(Belete et al., 2023)
6	Papaya	77-80	(Belete et al., 2023)
7	Nanas	50-53	(Belete et al., 2023)
8	Semangka	15-21	(Belete et al., 2023)
9	Cermai	8	(Desai, 2019)
10	Murbai	41	(Desai, 2019)
11	Karanda	44	(Desai, 2019)
12	*Blackcurrant*	446	(Desai, 2019)
13	*Muskmelon*	44	(Desai, 2019)
14	Delima	8	(Desai, 2019)
15	Jambu	181	(Desai, 2019)
16	Brokoli	228-288	(Bhandari et al., 2019)
17	*Brussel*	292-324	(El-Nakhel et al., 2021)
18	Kubis	237-268	(El-Nakhel et al., 2021)
19	*Rocket*	286-351	(El-Nakhel et al., 2021)
20	Salmon	2	(Wu et al., 2021)

APLIKASI ASAM ASKORBAT PADA *ACTIVE PACKAGING*

Active Packaging untuk Mengemas Minyak dan Saus

Glicerina et al. (2023) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menciptakan kemasan aktif yang inovatif dan *biodegradable* dengan sifat penghalang oksigen yang sangat baik untuk memperpanjang umur simpan pangan berlemak. Kemasan yang digunakan pada penelitian ini berbahan dasar *polylactic acid* (PLA) dan natrium alginat dengan asam askorbat sebagai senyawa aktif (Tabel 5.). Kemudian bilangan peroksida pada minyak biji bunga matahari yang disimpan selama 64 hari dan saus pesto Genovese yang disimpan selama 41 hari diuji untuk mengetahui efektivitas asam askorbat dalam mencegah peroksidasi lemak.

Tabel 5. Aplikasi asam askorbat pada *active packaging*

No.	Bahan Pengemas	Bahan yang Dikemas	Lama Penyimpanan	Parameter yang Diuji	Referensi
1	*Polylactic acid* (PLA), natrium alginat, dan asam askorbat	Minyak biji bunga matahari dan saus pesto Genovese	64 hari dan 41 hari	Bilangan peroksida	Glicerina et al. (2023)
2	Karbon aktif dan natrium L-askorbat	Daging sapi cincang mentah	4 hari	TBARS, konsentrasi O_2 residu	(Lee et al., 2018)
3	Aluminium, LDPE, dan asam askorbat	Susu bubuk formula bayi	286 hari	Bilangan peroksida, konsentrasi O_2 residu	(Min et al., 2020)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa bilangan peroksida pada minyak biji bunga matahari yang dikemas dalam kemasan dengan asam askorbat (AA) lebih rendah daripada yang dikemas dalam kemasan kontrol (C) selama 64 hari penyimpanan pada suhu 35^{o}C (Glicerina et al., 2023). Bilangan peroksida merupakan parameter yang menentukan kandungan oksigen sebagai peroksida, khususnya hidroperoksida dalam suatu zat. Hidroperoksida merupakan senyawa yang dihasilkan dari peroksidasi lemak. Bilangan peroksida (POVs) sering digunakan sebagai indikator stabilitas oksidatif lemak (Geng et al., 2023). Semakin tinggi bilangan peroksida maka kualitas produk semakin rendah karena peroksida dapat mempercepat proses perubahan *flavor* dan timbul aroma tengik yang tidak diinginkan pada produk pangan (Padmaja et al., 2023). Bilangan peroksida pada minyak biji bunga matahari yang dikemas dalam kemasan AA lebih rendah daripada kemasan kontrol menandakan bahwa asam askorbat dapat bertindak sebagai *oxygen scavenger* sehingga dapat menghambat peroksidasi lemak (Vilela et al., 2018). Bilangan peroksida pada minyak biji bunga matahari yang dikemas dalam kemasan kontrol (C) telah melebihi batas maksimum bilangan peroksida pada pangan, yaitu 10 meq O_2/kg (SNI-01-3741-2013), setelah 25 hari penyimpanan sedangkan sampel dalam kemasan AA mencapai batas setelah 37 hari penyimpanan, yang menandakan kemampuan asam askorbat sebagai antioksidan telah menurun. Hasil pengujian bilangan peroksida pada saus pesto Genovese menunjukkan bahwa bilangan peroksida pada saus pesto Genovese yang dikemas dalam kemasan dengan asam askorbat (AA) lebih rendah daripada kemasan kontrol (C) selama 41 hari penyimpanan pada suhu 25^{o}C dan 45^{o}C, yang disebabkan oleh kemampuan asam askorbat sebagai oxygen scavenger. Sampel dalam kemasan AA melebihi batas maksimum peroksida (10 meq O_2/kg) setelah 27 hari penyimpanan sedangkan sampel dalam kemasan kontrol (C) melebihi batas dalam waktu kurang dari 10 hari penyimpanan. Hasil pengujian bilangan peroksida pada kemasan yang disimpan pada suhu 45^{o}C tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik, yang dapat disebabkan oleh degradasi asam askorbat pada suhu yang lebih tinggi. Menurut Ruiz et al. (2018), aktivitas asam askorbat dipengaruhi oleh suhu dan cenderung menurun seiring dengan kenaikan suhu mulai dari suhu 37^{o}C. Pada penyimpanan dengan suhu 45^{o}C, bilangan peroksida sampel AA cenderung lebih besar daripada kontrol, yang disebabkan oleh asam askorbat yang bertindak sebagai prooksidan sehingga menyebabkan peningkatan jumlah peroksida (Glicerina et al., 2023).

Active Packaging untuk Menyimpan Daging Mentah

Lee et al. (2018) melakukan penelitian tentang mengembangkan *active packaging* berbahan karbon aktif dan natrium L-askorbat untuk mengurangi oksigen pada tempat penyimpanan yang bertujuan untuk

memperpanjang umur simpan daging mentah. Kemudian konsentrasi O_2 residu pada kemasan dan nilai TBARS pada daging yang dikemas, diuji untuk mengetahui efektivitas asam askorbat dalam mencegah oksidasi lemak pada daging (Tabel 5.).

Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi oksigen residu dalam kemasan NFOS160/1 (*non-ferrous oxygen scavenger* yang berisi 1 mL air destilasi yang diinjeksikan ke campuran 160 gram natrium L-askorbat dengan 100 gram karbon aktif dalam 300 gram air destilasi) lebih rendah daripada kemasan kontrol. Konsentrasi oksigen di dalam kemasan berisi *sachet* NFOS160/1 mengalami penurunan secara konstan hingga mencapai di bawah 1% setelah empat hari penyimpanan, sedangkan konsentrasi oksigen di dalam kemasan kontrol tetap lebih dari 20% selama empat hari penyimpanan. Konsentrasi oksigen di dalam kemasan kontrol hanya mengalami sedikit penurunan konsentrasi dari konsentrasi oksigen udara awal yaitu sekitar 20,9% (Lee et al., 2018). Data ini menunjukkan bahwa asam askorbat dalam *sachet* NFOS160/1 mampu bertindak sebagai *oxygen scavenger* dengan mengurangi oksigen dalam kemasan (Vilela et al., 2018).

Hasil pengujian TBARS menunjukkan nilai TBARS daging cincang yang dikemas dengan *sachet* NFOS160/1 lebih rendah daripada *sachet* kontrol (Lee et al., 2018). Nilai TBARS (*Thiobarbituric acid reactive substances*) diuji untuk mengukur oksidasi lemak pada daging yang nilainya dinyatakan dalam mg MDA/kg daging. MDA (*malondialdehyde*) merupakan parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi penurunan kualitas pangan khusunya pangan berlemak karena MDA dihasilkan melalui oksidasi lemak (Zamora et al., 2024).

Nilai TBARS pada daging kontrol terus meningkat hingga 1,8 kali lipat dalam empat hari penyimpanan, sedangkan nilai TBARS pada daging yang dikemas dengan *sachet* NFOS160/1 hanya meningkat 1,2 kali lipat dalam empat hari penyimpanan, dan nilai TBARS antara kontrol dan NFOS160/1 berbeda nyata ($P<0,05$). Nilai TBARS pada daging kontrol lebih tinggi dari daging yang dikemas dengan *sachet* NFOS160/1 karena oksigen residu pada kemasan dengan *sachet* NFOS160/1 lebih sedikit daripada kemasan kontrol (Lee et al., 2018), yang disebabkan adanya asam askorbat pada *sachet* NFOS160/1 yang bertindak sebagai *oxygen scavenger* dengan mengurangi oksigen dalam kemasan sehingga dapat mengurangi oksidasi lemak pada daging yang dikemas (Vilela et al., 2018).

Active Packaging untuk Mengemas Susu

Min et al., (2020) melakukan penelitian tentang kemasan berupa film multilayer berlapis aluminium dan *low density polyethylene* (LDPE) yang mengandung asam askorbat 0,3% b/b bertujuan untuk memperpanjang umur simpan susu bubuk formula bayi (Tabel 5.). Produk dalam kemasan disimpan di ruangan gelap dengan suhu 30^{o}C selama 286 hari kemudian diuji konsentrasi oksigen residu pada kemasan dan bilangan peroksida pada susu bubuk yang dikemas, untuk mengetahui efektivitas asam askorbat sebagai antioksidan dalam kemasan karena bilangan peroksida menunjukkan kandungan hidroperoksida dalam suatu zat, yang merupakan hasil dari peroksidasi lemak (Geng et al., 2023).

Hasil pengujian konsentrasi oksigen residu pada kemasan asam askorbat lebih rendah daripada kemasan kontrol (Min et al., 2020), yang menandakan asam askorbat dapat bertindak sebagai *oxygen scavenger* sehingga dapat mengurangi konsentrasi oksigen pada kemasan (Vilela et al., 2018). Komposisi gas dalam kemasan diatur sehingga gas CO_2 merupakan gas dominan dalam kemasan, yang menyebabkan konsentrasi CO_2 dapat mencapai 96% sedangkan konsentrasi O_2 kurang dari 0,5%. Selama penyimpanan awal, konsentrasi O_2 sedikit meningkat kemudian berada pada konsentrasi yang relatif konstan (0,8- 1,4%) selama 84 hari penyimpanan untuk kedua jenis kemasan (Min et al., 2020). Adanya penurunan konsentrasi gas CO_2 dan peningkatan konsentrasi gas O_2 selama penyimpanan disebabkan oleh kelarutan gas CO_2 yang tinggi dalam matriks makanan kering dan adanya pelepasan O_2 dari susu bubuk serta terdapat oksigen yang masuk karena adanya sedikit perembesan dari area penyegelan (Münch et al., 2023).

Hasil pengujian bilangan peroksida pada susu

bubuk menunjukkan bahwa bilangan peroksida pada susu bubuk yang dikemas dalam kemasan asam askorbat lebih rendah daripada kemasan kontrol, yang disebabkan oleh asam askorbat yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan sehingga dapat menghambat peroksidasi lemak pada susu bubuk (Vilela et al., 2018). Bilangan peroksida susu bubuk yang dikemas dalam kemasan asam askorbat berkisar antara 1,7-3,0 meq/kg pada 286 hari penyimpanan sedangkan bilangan peroksida susu bubuk yang dikemas dalam kemasan kontrol berkisar antara 1,7-5,5 meq/kg. Bilangan peroksida yang tetap rendah pada susu bubuk yang disimpan dalam kemasan kontrol selama 286 hari disebabkan oleh komposisi gas dalam kemasan yang diatur dengan komposisi 100% gas CO_2. Bilangan peroksida susu bubuk baik yang dikemas dalam kemasan kontrol maupun kemasan asam askorbat selama 286 hari penyimpanan tidak melebihi batas maksimum bilangan peroksida pada makanan, yaitu 10 meq O_2/kg (SNI-01-3741-2013). Walaupun efek antioksidan dari asam askorbat tampak kecil, potensi asam askorbat dalam melindungi produk pangan dari kerusakan oksidatif telah terbukti.

KESIMPULAN

Penambahan asam askorbat yang berperan sebagai antioksidan pada *active packaging* dapat mencegah kerusakan pangan, khususnya pada pangan berlemak yang mudah teroksidasi, sehingga dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan pangan dalam kemasan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulsalam, S., Idris, S. O., Shallangwa, G. A., & Onu, A. D. (2020). A kinetic study and mechanisms of reduction of N, N′-phenylenebis(salicylideneiminato)cobalt(III) by L-ascorbic acid in DMSO-water medium. *Heliyon*, *6*(9), e04621. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2020.E04621.

Agustini, N. W. S., Kusmiati, K., Admirasari, R., Nurcahyanto, D. A., Hidhayati, N., Apriastini, M., Afiati, F., Priadi, D., Fitriani, B. M., Adalina, Y., & Ahmad, R. Z. (2023). Characterization of corn-starch edible film with the addition of microalgae extract *Chlorella vulgaris* as an antioxidant applied to dodol (glutinous- rice cake) products. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *8*, 100511.

Bakouri, H., Ziane, A., & Guemra, K. (2023). Development of multifunctional packaging films based on arginine-modified chitosan/gelatin matrix and betacyanins from weed amaranth (*A. hybridus*). *International Journal of Biological Macromolecules*, *230*, 123181. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.123181

Belete, A., Yisak, H., Chandravanshi, B. S., & Yaya, E. E. (2023). Ascorbic acid content and the antioxidant activity of common fruits commercially available in Addis Ababa, Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, *37*(2), 277–288. https://doi.org/10.4314/bcse.v37i2.3.

Bhandari, S. R., Kwak, J.-H., Jo, J. S., Lee, J. G., Bhandari, S. R., Kwak, J.-H., Jo, J. S., & Lee, J. G. (2019). Changes in phytochemical content and antioxidant activity during inflorescence development in broccoli. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *79*(1), 36–47.

Bodana, V., Swer, T. L., Kumar, N., Singh, A., Samtiya, M., Sari, T. P., & Babar, O. A. (2023). Development and characterization of pomegranate peel extract-functionalized jackfruit seed starch-based edible films and coatings for prolonging the shelf life of white grapes. *International Journal of Biological Macromolecules*, https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.127234

Coimbra, P., Marona, B., Henriques, M. H. F., Campos, L., Gomes, D. M. G. S., Vitorino, C., Sousa, J. J. S., Braga, M. E. M., & Gaspar, M. C. (2023). Edible films based on potato and quince peels with potential for the preservation of cured cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, *40*, 101176. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101176.

Desai, A. P. (2019). UV Spectroscopic Method for Determination of Vitamin C (Ascorbic Acid) Content in Different Fruits in South Gujarat Region. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, *22*(2). https://doi.org/10.19080/ijesnr.2019.21.556056.

Dong, J., Wang, S., Li, M., Liu, J., Sun, Z., Mandlaa, & Chen, Z. (2023). Application of a chitosan-based active packaging film prepared with cell-free supernatant of Lacticaseibacillus paracasei ALAC-4 in Mongolian cheese preservation. Journal of Food Protection, 100158. https://doi.org/10.1016/J.JFP.2023.100158.

El-Nakhel, C., Pannico, A., Graziani, G., Kyriacou, M. C., Gaspari, A., Ritieni, A., de Pascale, S., & Rouphael, Y. (2021). Nutrient supplementation configures the bioactive profile and production characteristics of three Brassica L. microgreens species grown in peat-based media. Agronomy, 11(2). https://doi.org/10.3390/agronomy11020346.

Gęgotek, A., & Skrzydlewska, E. (2022). Antioxidative and AntiInflammatory Activity of Ascorbic Acid. In Antioxidants (Vol. 11, Issue 10). MDPI. https://doi.org/10.3390/antiox11101993

Geng, L., Zhou, W., Qu, X., Sa, R., Liang, J., Wang, X., & Sun, M. (2023). Iodine values, peroxide values and acid values of Bohai algae oil compared with other oils during the cooking. Heliyon, 9(4), e15088. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E15088.

Glicerina, V., Siroli, L., Gottardi, D., Ticchi, N., Capelli, F., Accorsi, R., Gherardi, M., Minelli, M., Fiorini, M., Andrisano, V., Colombo, V., Manzini, R., Lanciotti, R., & Romani, S. (2023). Influence of an innovative, biodegradable active packaging on the quality of sunflower oil and "pesto" sauce during storage. Applied Food Research, 3(2). https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100313.

Gómez-Urios, C., Viñas-Ospino, A., Puchades-Colera, P., Blesa, J., López-Malo, D., Frígola, A., & Esteve, M. J. (2023). Choline chloride-based natural deep eutectic solvents for the extraction and stability of phenolic compounds, ascorbic acid, and antioxidant capacity from Citrus sinensis peel. LWT, 177, 114595. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114595.

Guan, H., Du, S., Han, B., Zhang, Q., & Wang, D. (2023). A rapid and sensitive smartphone colorimetric sensor for detection of ascorbic acid in food using the nanozyme paper-based microfluidic chip. LWT, 184. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115043.

Karkar, B., Patır, İ., Eyüboğlu, S., & Şahin, S. (2023). Development of an edible active chitosan film loaded with Nigella sativa L. extract to extend the shelf life of grapes. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 50, 102708. https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2023.102708.

Khan, A., Riahi, Z., Kim, J. T., & Rhim, J. W. (2023). Gelatin/carrageenan-based smart packaging film integrated with Cu-metal organic framework for freshness monitoring and shelf-life extension of shrimp. Food Hydrocolloids, 145, 109180. https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.109180.

Koshy, R. R., Koshy, J. T., Mary, S. K., Sadanandan, S., Jisha, S., & Pothan, L. A. (2021). Preparation of pH sensitive film based on starch/carbon nano dots incorporating anthocyanin for monitoring spoilage of pork. Food Control, 126, 108039. https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2021.108039.

Lee, J. S., Chang, Y., Lee, E. S., Song, H. G., Chang, P. S., & Han, J. (2018). Ascorbic Acid-Based Oxygen Scavenger in Active Food Packaging System for Raw Meatloaf. Journal of Food Science, 83(3), 682–688. https://doi.org/10.1111/1750- 3841.14061.

Li, H., Zhang, X., Tan, S., Tan, G., Zhang, H., Xia, N., Jiang, L., Ren, H., & Rayan, A. M. (2022). Intelligent colorimetric soy protein isolate-based films incorporated with curcumin through an organic solvent-free pH-driven method: Properties, molecular interactions, and application. Food Hydrocolloids, 133, 107904. https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2022.107904.

Li, S., Wu, J., Tang, Q., He, D., Li, H., Peng, D., & Zou, Z. (2023). Construction of novel ammonia-sensitive polyvinyl alcoholbased films containing nano Co-ATMP for smart packaging application. LWT, 186. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115222.

López-Gómez, A., Navarro-Martínez, A., & Martínez-Hernández, G. B. (2023). Effects of essential oils released from active packaging on the antioxidant system and quality of lemons during cold storage and commercialization. Scientia Horticulturae, 312, 111855. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.111855.

Ma, K., Li, F., Zhe, T., Sun, X., Zhang, X., Wan, P., Na, H., Zhao, J., & Wang, L. (2024). Biopolymer films incorporated with chlorogenic acid nanoparticles for active food packaging application. Food Chemistry, 435, 137552. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.137552.

Min, G. J., An, D. S., & Lee, D. S. (2020). Antioxidant Packaging as Additional Measure to Augment CO2-enriched Modified Atmosphere Packaging for Preserving Infant Formula Powder. Korean Journal of Packaging Science and Technology, 26(1), 19–23. https://doi.org/10.20909/kopast.2020.26.1.19.

Münch, M., Guillard, V., Gaucel, S., Destercke, S., Thévenot, J., & Buche, P. (2023). Composition-based statistical model for predicting CO2 solubility in modified atmosphere packaging application. Journal of Food Engineering, 340, 111283. https://doi.org/10.1016/J.JFOODENG.2022.111283.

Nešić, A., Cabrera-Barjas, G., Dimitrijević-Branković, S., Davidović, S., Radovanović, N., & Delattre, C. (2020). Prospect of polysaccharide-based materials as advanced food packaging. In Molecules (Vol. 25, Issue 1). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/molecules25010135.

Oliviero, M., Lamberti, E., Cafiero, L., Pace, B., Cefola, M., Gorrasi, G., Sambandam, A., & Sorrentino, A. (2023). Biodegradable cellulose acetate/layered double-hydroxide composite film for active packaging of fresh food. Materials Chemistry and Physics, 310, 128469. https://doi.org/10.1016/J.MATCHEMPHYS.2023.128469.

Padmaja, P. G., Kalaisekar, A., Venkateswarlu, R., Shwetha, S., Rao, B. D., & Tonapi, V. A. (2023). Thermal treatment in combination with laminated packaging under modified atmosphere enhances the shelf life of pearl millet flour. Food Chemistry Advances, 2, 100190. https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100190.

Pehlivan, F. E. (2017). Vitamin C: An Antioxidant Agent. In Vitamin C. InTech. https://doi.org/10.5772/intechopen.69660.

Pirnia, M., Shirani, K., Tabatabaee Yazdi, F., Moratazavi, S. A., & Mohebbi, M. (2022). Characterization of antioxidant active biopolymer bilayer film based on gelatin-frankincense incorporated with ascorbic acid and Hyssopus officinalis essential oil. Food Chemistry: X, 14. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100300.

Rahman, S., & Chowdhury, D. (2022). Guar gum-sodium alginate nanocomposite film as a smart fluorescence-based humidity sensor: A smart packaging material. International Journal of Biological Macromolecules, 216, 571–582. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.07.008.

Ranjbar, M., Azizi Tabrizzad, M. H., Asadi, G., & Ahari, H. (2023). Investigating the microbial properties of sodium alginate/chitosan edible film containing red beetroot anthocyanin extract for smart packaging in chicken fillet as a pH indicator. Heliyon, 9(8), e18879. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E18879.

Ruiz, B. G., Roux, S., Courtois, F., & Bonazzi, C. (2018). Kinetic modelling of ascorbic and dehydroascorbic acids concentrations in a model solution at different temperatures and oxygen contents. Food Research International, 106, 901–908. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2018.01.051.

Stoll, L., Maillard, M. N., Le Roux, E., Hickmann Flôres, S., Nachtigall, S. M. B., Rios, A., & Domenek, S. (2023). Bixin, a performing natural antioxidant in active food packaging for the protection of oxidation sensitive food. LWT, 180, 114730. https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114730.

Telangana, N. R., Lakshmi Namratha, M., Lakshman, M., Jeevanalatha, M., & Kumar, A. (2023). Glyphosate induced renal toxicity and its amelioration with vitamin C in rats. ~ 59 ~ The Pharma Innovation Journal, 12(9), 59–66. www.thepharmajournal.com.

Tomovska, J., Menkovska, M., Ayaz Ahmad, M., Author, C., & Tomovska, J. (2018). Determination of Vitamin C in Different Types of Milk. The International Journal of Engineering and Science (IJES) ||, 7(5), 77–82. https://doi.org/10.9790/1813-0705027781.

Vilela, C., Kurek, M., Hayouka, Z., Röcker, B., Yildirim, S., Antunes, M. D. C., Nilsen-Nygaard, J., Pettersen, M. K., & Freire, C. S. R. (2018). A concise guide to active agents for active food packaging. In Trends in Food Science and Technology (Vol. 80, pp. 212–222). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.006.

Wrona, M., Manso, S., Silva, F., Cardoso, L., Salafranca, J., Nerín, C., Alfonso, M. J., & Caballero, M. Á. (2023a). New active packaging based on encapsulated carvacrol, with emphasis on its odour masking strategies. Food Packaging and Shelf Life, 40, 101177. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101177.

Wrona, M., Manso, S., Silva, F., Cardoso, L., Salafranca, J., Nerín, C., Alfonso, M. J., & Caballero, M. Á. (2023b). New active packaging based on encapsulated carvacrol, with emphasis on its odour masking strategies. Food Packaging and Shelf Life, 40, 101177. https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101177.

Wu, H., Abdollahi, M., & Undeland, I. (2021). Effect of recovery technique, antioxidant addition and compositional features on lipid oxidation in protein enriched products from cod- salmon and herring backbones. Food Chemistry, 360. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129973.

Wu, Y., Tang, P., Quan, S., Zhang, H., Wang, K., & Liu, J. (2021). Preparation, characterization and application of smart packaging films based on locust bean gum/polyvinyl alcohol blend and betacyanins from cockscomb (Celosia cristata L.) flower. International Journal of Biological Macromolecules, 191, 679–688. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2021.09.113.

Yasmeen, F., Karamat, H., Rehman, R., Akram, M., Ghfar, A. A., Abdelghani, H. T. M., Dar, A., & Mitu, L. (2023). Fabrication and testing of edible films incorporated with ZnO nanoparticles to enhance the shelf life of bread. Food Bioscience, 56, 103111. https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2023.103111.

Yun, D., He, Y., Zhu, H., Hui, Y., Li, C., Chen, D., & Liu, J. (2022). Smart packaging films based on locust bean gum, polyvinyl alcohol, the crude extract of Loropetalum chinense var. rubrum petals and its

purified fractions. International Journal of Biological Macromolecules, 205, 141–153. https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2022.02.068.

Zamora, R., Alcon, E., & Hidalgo, F. J. (2024). Addition of olivetol to crackers decreases malondialdehyde content and produces malondialdehyde-olivetol adducts. Food Chemistry, 432, 137046. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2023.137046.

Zeng, Y. F., Chen, Y. Y., Deng, Y. Y., Zheng, C., Hong, C. Z., Li, Q. M., Yang, X. F., Pan, L. H., Luo, J. P., Li, X. Y., & Zha, X. Q. (2024). Preparation and characterization of lotus root starch based bioactive edible film containing quercetin-encapsulated nanoparticle and its effect on grape preservation. Carbohydrate Polymers, 323, 121389. https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2023.121389.

Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022a). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. Journal of Agriculture and Food Research, 9. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340.

Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022b). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. Journal of Agriculture and Food Research, 9. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340.