

Edible Coating dan Aplikasinya Pada Produk Pangan

by Yudi Garnida -

Submission date: 11-Aug-2022 07:30AM (UTC+0700)

Submission ID: 1881163335

File name: edible_coating_dan_aplkasinya.pdf (3.72M)

Word count: 54678

Character count: 340308



Edible Coating dan Aplikasinya Pada Produk Pangan

Edible Coating dan Aplikasinya Pada Produk Pangan

Penyusun:
Dr. Ir Yudi Garnida, M. S

4
Penyunting: Aep Syaiful Hamidin
Penata Sampul: Muhammad Revaldi
Penata Aksara: Mutiara Amelia Putri

Penerbit:

MANGGU MAKMUR TANJUNG LESTARI

(ANGGOTA IKAPI)

4 Bandung—Indonesia
www.penerbitmanggu.co.id

2019

216 hlm ; 17,5 cm × 25 cm

ISBN 978-602-5717-

Teknologi Pangan

4
Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang
Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

1. Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
2. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan atau huruf h, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap orang yang dengan tanpa hak dan atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan atau huruf g, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

©Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Diterbitkan oleh Penerbit Manggu Makmur Tanjung Lestari
Bandung, 2019

***Edible Coating* dan Aplikasinya Pada Produk Pangan**

Dr. Ir Yudi Garnida, M. S

Kata Pengantar

Daftar gambar

Gambar 2.1	Struktur molekul (a) amilosa dan (b) amilopektin.	6
Gambar 2.2	Pati Jagung dan Kentang.....	7
Gambar 2.3	Struktur Kimia Selulosa.....	8
Gambar 2.4	<i>Edible coating</i> berbasis selulosa pada Buah-Buahan.....	9
Gambar 2.5	Struktur molekul Karboksimetil selulosa (CMC).....	10
Gambar 2.6	Struktur molekul Metil selulosa (MC).....	12
Gambar 2.7	Struktur molekul Hidroksipropil Metil selulosa (HPMC).....	14
Gambar 2.8	Pektin.....	15
Gambar 2.9	Struktur molekul <i>low methoxy pectin</i>	15
Gambar 2.10	Skema ikatan kalsium dengan molekul poligalakturonat (a) Model egg- box, (b) Rongga egg-box.....	16
Gambar 2.11	Struktur molekul Xanthan gum.....	18
Gambar 2.12	Struktur molekul <i>gellan gum</i>	20
Gambar 2.13	Struktur molekul Gum arab.....	21
Gambar 2.14	Struktur molekul <i>guar gum</i>	23
Gambar 2.15	Struktur molekul Kitosan.....	25
Gambar 2.16	Lidah Buaya.....	27
Gambar 2.17	Struktur molekul fraksi Agarosa.....	28
Gambar 2.18	Struktur molekul berbagai macam fraksi Karagenan.....	30
Gambar 2.19	Sodium Alginat dan struktur molekul Alginat.....	32
Gambar 2.20	<i>Konjac gum</i> dan struktur molekul konjac gum.....	34
Gambar 2.21	Pullulan dan struktur molekul pullulan.....	35

Gambar 2.22	Isolat Protein Kedelai	38
Gambar 2.23	Whey Protein	40
Gambar 2.24	Struktur Kimia Kasein	42
Gambar 2.25	Gelatin	44
Gambar 2.26	Kolagen.....	45
Gambar 2.27	Zein Jagung.....	46
Gambar 2.28	Gluten Gandum.....	48
Gambar 2.29	Struktur Gluten Gandum.....	48
Gambar 2.30	Lilin Carnauba.....	51
Gambar 2.31	Lilin Candelilla.....	51
Gambar 2.32	Lilin Parafin.....	52
Gambar 2.33	<i>Beeswax</i> kuning.....	54
Gambar 2.34	Struktur molekul Gliserol.....	55
Gambar 2.35	Struktur Gliseril Monostearat (GMS)	56
Gambar 2.36	Shellac.....	57
Gambar 5.1	Metode <i>Dipping</i>	88
Gambar 5.2	<i>Spray Coater</i>	93
Gambar 5.3	Metode <i>Pan Coating</i>	95
Gambar 5.4	Metode <i>Drum Coating</i>	96
Gambar 5.5	<i>Screw Coater</i>	96
Gambar 5.6	Metode <i>Fluidized-bed Coating</i>	97
Gambar 5.7	Mesin <i>enrobing</i> coklat.....	98
Gambar 6.1	Apel Fuji tanpa <i>edible coating</i> (kiri) dan dengan <i>edible coating</i> (kanan). Tomat Sir Elyan Fuji tanpa <i>edible coating</i> (kiri) dan dengan <i>edible coating</i> (kanan).	101
Gambar 6.2	Tingkat browning dan pelunakan pada sampel apel (bawah) dan kentang (atas) yang tidak dilapisi dan dilapisi <i>edible coating</i> setelah 10 hari penyimpanan pada suhu 4°C.	102
Gambar 6.3	(a) dada ayam segar, (b) dada ayam segar yang dilapisi <i>edible film</i> , (c) dada ayam segar yang dilapisi <i>edible film</i> setelah di masak dalam oven (140°C, 15 menit).	113

Gambar 6.4	(a) <i>beef burger</i> yang dilapisi <i>edible film</i> (b) <i>beef burger</i> yang dilapisi <i>edible film</i> setelah di masak dalam oven (140°C, 15 menit).....	113
Gambar 6.5	Bermacam-macam sosis yang menggunakan <i>casing</i>	115
Gambar 6.6	(a) <i>edible coating</i> pada fillet ikan. (b) gambar <i>atomic force microscopy (AFM)</i> dari degradasi protein otot ikan setelah sembilan hari penyimpanan dingin.....	120
Gambar 6.7	Kiri: kacang dilapisi coklat, kanan: <i>jelly bean</i>	125
Gambar 6.8	Kacang yang dilapisi <i>edible coating</i>	126
Gambar 6.9	Donat yang menggunakan <i>glaze</i> (kiri) dan <i>icing</i> (kanan).	129
Gambar 6.10	<i>Croissant</i> yang dilapisi <i>edible coating</i>	130
Gambar 6.11	Representasi dari transfer kelembaban yang terjadi pada es krim <i>cone</i>	131
Gambar 6.12	Keju Cheddar Kintyre yang dilapisi lilin (kiri) dan Keju Kashar yang dilapisi kasein (kanan).	132
Gambar 6.13	Flavor Nanas kering (kanan) dan flavor lemon kering (kiri) yang dienkapsulasi menggunakan metode <i>spray drier</i>	135
Gambar 6.14	Beberapa flavor cair yang dienkapsulasi menggunakan bahan berbasis karbohidrat dengan metode ekstrusi	136
Gambar 6.15	Formasi kompleks inklusi	138
Gambar 7.1	Bohon Durian Mitro.....	145
Gambar 7.2	Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Laju Transmisi Uap Air ($\text{g/m}^2/24 \text{ jam}$).....	155
Gambar 7.3	Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Kuat Tarik (Kgf/mm^2).....	158
Gambar 7.4	Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Persen Elongasi (%).	159
Gambar 7.5	Pola grafik senyawa volatil buah durian terolah minimal yang dilapisi bahan <i>edible coating</i> pada penyimpanan 2 bulan.	169
Gambar 7.6	Pola grafik senyawa volatil buah durian terolah minimal tanpa dilapisi bahan <i>edible coating</i> pada penyimpanan 2 bulan.	170

Daftar Tabel

Tabel 2.1	
Kandungan <i>Beeswax</i>	54
Tabel 3.1	
Beberapa Macam <i>Plasticizer</i> dan Surfaktan yang Umum Digunakan pada <i>Edible Coating</i>	62
Tabel 3.2	
Senyawa Antimikroba yang Umum Digunakan pada <i>Edible Coating</i>	65
Tabel 3.3	
Formulasi <i>Edible Coating</i> yang Mengandung Senyawa Anti Mikroba.....	66
Tabel 3.4.	
Antioksidan yang Umum Digunakan pada <i>Edible Coating</i>	68
Tabel 3.5	
Penggunaan Antioksidan pada <i>Edible Coating</i>	69
Tabel 3.6	
Formulasi <i>Edible Coating</i> yang Mengandung Vitamin.....	74
Tabel 3.7	
Beberapa <i>Edible Film</i> atau <i>Coating</i> yang Mengandung Bakteri Probiotik.....	77
Tabel 6.3	
<i>Edible Coating</i> pada Berbagai Jenis Keju.....	136
Tabel 6.4	
Polimer yang biasanya digunakan sebagai enkapsulasi.....	142
Tabel 7.1	
Kandungan Zat Gizi Buah Durian.....	149

Bab I

Edible Coating dan Penggunaannya

1 *Edible coating* adalah lapisan tipis yang terbuat dari bahan yang dapat dimakan, yang digunakan di permukaan atau di antara produk pangan, berfungsi sebagai penahan (*barrier*) perpindahan massa (uap air, O₂, CO₂) atau sebagai pembawa (*carrier*) bahan **1** tambahan pangan seperti zat anti mikroba dan antioksidan. Fungsi lainnya yaitu dapat membantu mempertahankan integritas struktural dan mencegah hilangnya senyawa-senyawa volatil penyebab aroma khas pada bahan pangan tertentu.

Definisi lain dari *edible coating* yaitu lapisan bahan tipis yang dapat dimakan yang digunakan pada makanan dengan cara pembungkusan, pencelupan, penyikatan atau penyemprotan untuk memberikan penahanan selektif terhadap perpindahan gas, uap air dan bahan terlarut serta perlindungan terhadap kerusakan mekanis. *Edible coating* ini biasanya langsung digunakan dan dibentuk di atas permukaan produk seperti buah dan sayur untuk meningkatkan mutu produk. Setiap jenis bahan yang digunakan sebagai *edible coating* biasanya berfungsi untuk memperpanjang umur simpan dan dapat dikonsumsi bersama dengan bahan dan produk pangan dengan atau tanpa penghilangan terlebih dahulu.

Istilah *edible coating* memiliki dua pertimbangan utama. Bagian pertama “*edible*”, berarti lapisan harus dapat dikonsumsi bersamaan dengan bahan atau produk pangan yang dilapisi sehingga perlu mencakup semua sifat bahan makanan yang aman menurut *Food and Drug Administration* (FDA) yang memiliki status *Generally Recognized As Safe* (GRAS). “*Coating*” berarti bahan penutup yang harus memiliki sifat sebagai pelindung bagian dalam dari lingkungan luar dan membatasi transportasi gas dan uap air antara bahan dan produk pangan dan luar. Secara umum, bahan ini tidak boleh mengubah penampilan, bau, dan rasa dari produk. Oleh karena itu, *edible coating* harus dibuat setipis mungkin untuk memperoleh sifat tersebut.

Edible coating yang ideal harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Tidak mengandung senyawa beracun, alergen dan senyawa yang tidak dapat dicerna.
2. Memberikan stabilitas struktural dan mencegah kerusakan mekanis bahan atau produk pangan selama proses transportasi hingga sampai ke tangan konsumen.
3. Melekat dengan baik dan ke permukaan bahan atau produk pangan yang akan dilindungi dan melapisi seluruh permukaan dengan seragam.
4. Mengontrol migrasi air yang masuk dan keluar untuk mempertahankan kadar air dari bahan atau produk pangan yang dilindungi.
5. Bersifat semi permeabel untuk menjaga keseimbangan internal gas pada proses respirasi aerob dan anaerob, sehingga dapat memperlambat penuaan bahan atau produk pangan.
6. Menstabilkan dan mencegah kehilangan aroma, rasa, nutrisi serta karakteristik organoleptik yang diperlukan sehingga dapat diterima oleh konsumen tanpa menurunkan karakteristik organoleptik bahan atau produk pangan.
7. Memberikan stabilitas permukaan dari segi biokimia dan mikrobiologis dan melindungi dari kontaminan, serangan hama, pertumbuhan mikroba dan pembusukan bahan atau produk pangan.
8. Menstabilkan atau meningkatkan atribut, estetika dan sensorik bahan atau produk pangan.
9. Berperan sebagai *carrier* untuk bahan tambahan yang diinginkan seperti rasa, aroma, pewarna, nutrisi dan vitamin.
10. Mudah diproduksi dan layak dalam segi ekonomi.

Edible coating dapat diproduksi dari bahan-bahan yang memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan. Selama proses pembuatan, bahan *coating* harus terdispersi dan larut dalam pelarut seperti air, alkohol, campuran air dan alkohol, ataupun campuran pelarut lainnya. *Plasticizers*, senyawa anti mikroba, warna atau *flavor* dapat ditambahkan dalam proses ini. Penyesuaian pH dan atau pemanasan larutan adalah hal yang dapat dilakukan pada polimer tertentu untuk mempermudah dispersi. Larutan *coating* kemudian dilapisi pada bahan atau produk pangan dan dikeringkan pada suhu dan kelembaban relatif yang diperlukan. Pada aplikasi dalam bidang pangan, larutan

coating dapat diaplikasikan pada makanan dengan berbagai metoda seperti *dipping*, *spraying*, *brushing*, dan *panning* yang diikuti dengan pengeringan. Komponen yang digunakan untuk preparasi *edible coating* dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu hidrokoloid (seperti protein, polisakarida dan alginat), lipid (seperti asam lemak, *acylglycerol*, dan lilin), dan komposit.

Edible coating digunakan untuk berbagai keperluan pada bahan dan produk pangan, walaupun hal ini mungkin tidak sepenuhnya disadari oleh konsumen. Permukaan apel yang mengkilap di supermarket adalah salah satu contoh penggunaan *edible coating*. Beberapa produk permen dilapisi dengan *edible coating* untuk meningkatkan umur simpan dan memberikan kenampakan yang diinginkan. Bahkan kentang goreng sering dilapisi *edible coating* untuk memberikan perlindungan selama penyimpanan dalam suhu dingin sebelum digoreng untuk mengendalikan kehilangan air selama proses penggorengan dan stabilitas terhadap layu dan atau hilangnya kerenyahan. *Edible coating* juga dapat digunakan untuk membatasi penyerapan minyak dan lemak selama proses penggorengan pada kentang.

Edible coating dengan lilin pada buah-buahan seperti jeruk dan lemon untuk memperlambat pengeringan telah diaplikasikan sejak lama di Cina pada abad ke-12 dan ke-13. Pengasapan makanan dengan lemak yang disebut dengan '*larding*', digunakan pada abad ke-16 di Inggris dengan tujuan untuk memperlambat laju kehilangan uap air dari produk. Sedangkan pada awal 1950-an, emulsi minyak dalam air seperti lilin carnauba dikembangkan untuk melapisi buah-buahan dan sayuran segar. Selama beberapa tahun terakhir banyak hasil karya seperti dalam bentuk literatur ilmiah dan paten, telah dilakukan pada penggunaan *edible coating* untuk memperpanjang umur simpan dan meningkatkan kualitas makanan segar, makanan beku dan produk pangan olahan. Berbagai polisakarida, protein dan lipid telah digunakan, baik sendiri atau dalam campuran, untuk menghasilkan *coating* komposit.

Bab II

Komponen Penyusun *Edible Coating*

Ada berbagai macam bahan yang dapat melapisi bahan pangan untuk memperpanjang umur simpan dari bahan pangan. Tetapi, beberapa bahan pelapis tidak dapat dikonsumsi bersamaan dengan bahan pangan yang dilapisi, sehingga bahan dasar untuk membuat *edible coating* harus termasuk dalam kriteria GRAS (*Generally Recognized as Safe*) yang dikeluarkan oleh FDA maupun FAO. Penelitian terhadap bahan pembentuk *edible coating* sangat penting, karena bahan-bahan penyusun tersebut mempengaruhi sifat-sifat lapisan yang terbentuk. Komponen utama penyusun *edible coating* dapat dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu hidrokoloid (protein dan karbohidrat), lipid dan komposit (campuran).

2.1 Karbohidrat (Polisakarida)

Polisakarida adalah hidrokoloid dengan berat molekul yang cukup besar dan memiliki sifat larut dan membentuk ikatan hidrogen intensif dengan air. Karena ukuran dan konfigurasi molekulnya, polisakarida ini memiliki kemampuan untuk mengentalkan dan/atau melarutkan larutan sebagai hasil dari ikatan hidrogen antara rantai polimer dan gesekan antar molekul. Polisakarida memerangkap dan melumpuhkan air dan tergantung pada sejauh mana hubungan antar molekul air entah itu menebal yang diukur dengan parameter yang disebut viskositas, atau dikonversi menjadi gel yang memiliki karakteristik cair dan padat atau viskoelastisitas.

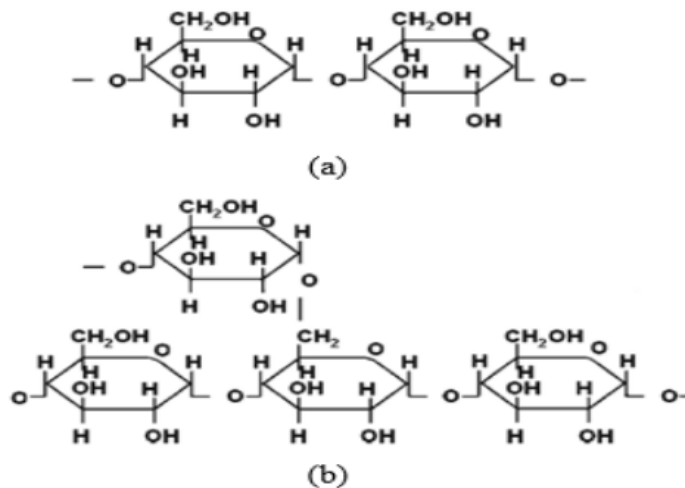
Ketika larutan polisakarida dilapisi pada permukaan dan dikeringkan, larutan tersebut akan membentuk *film* yang memiliki plastisitas khusus, kekuatan tarik, kejernihan, dan karakteristik kelarutan. Atribut lapisan yang dibuat dari berbagai polisakarida dipengaruhi oleh tingkat ikatan hidrogen antar molekul antara rantai

polimer yang timbul dari perbedaan dalam struktur molekul polisakarida tersebut. Perbedaan tersebut meliputi ada atau tidaknya percabangan, muatan ion, substitusi unit gula serta berat molekul. Polisakarida dengan sifat non-ionik, rantai linier dan berat molekul tinggi akan membentuk *edible coating* yang kuat.

Polisakarida yang digunakan untuk *edible coating* adalah: selulosa, turunan pati, turunan pektin, ekstrak rumput laut, *gum*, *gum* hasil fermentasi mikroba dan kitosan. Polisakarida pada umumnya memiliki sifat hidrofilik sehingga dapat menghasilkan sifat penghalang penguapan air dan gas yang kurang baik. Meskipun *coating* dengan polimer polisakarida tidak dapat memberikan kemampuan penghalang penguapan air yang baik, *coating* berbasis polisakarida dapat bekerja dengan baik sebagai bahan yang digunakan untuk memperlambat penguapan air dari bahan dan produk pangan.

2.1.1 Pati

Pati merupakan polimer glukosa dengan rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Pembentukan polimer pati diawali dengan terbentuknya ikatan glukosida yaitu ikatan antara molekul glukosa melalui oksigen pada atom karbon pertama. Pati tersusun dari dua polimer karbohidrat, yaitu amilosa dan amilopektin. Amilosa adalah pati dengan struktur tidak bercabang dan merupakan fraksi larut air. Sedangkan amilopektin adalah pati dengan struktur bercabang, tidak larut air dan cenderung bersifat lengket. Amilopektin terdiri dari struktur bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -(1,6). Berat molekul amilosa dari beberapa ribu hingga 500.000, begitu pula dengan amilopektin. Struktur dari amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Struktur molekul (a) amilosa dan (b) amilopektin.
(Sumber: Kramer, 2009)

Pati dapat diekstrak dengan berbagai cara berdasarkan bahan baku dan penggunaan dari pati itu sendiri. Untuk pati dari umbi-umbian, proses utama dari ekstraksi terdiri perendaman, disintegrasi, dan sentrifugasi. Perendaman dilakukan dalam larutan natrium bisulfit pada pH yang diatur untuk menghambat reaksi biokimia seperti perubahan warna dari ubi. Kemudian dilakukan disintegrasi dan sentrifugasi untuk memisahkan pati dari komponen lainnya. Sumber pati utama di Indonesia adalah beras. Di samping itu, dijumpai beberapa sumber pati lainnya, yaitu: jagung, kentang, tapioka, sagu, gandum, dll. Dalam keadaan murni, granula pati berwarna putih, mengkilat, tidak berbau dan tidak berasa. Secara mikroskopik, granula pati dibentuk oleh molekul-molekul yang membentuk lapisan tipis yang tersusun terpusat.

Dalam industri pangan, pati sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* untuk menggantikan polimer plastik karena pati lebih ekonomis, dapat diperbaharui dan dapat memberikan karakteristik fisik yang baik. Sumber pati yang sering digunakan antara lain umbi-umbian seperti ubi jalar, kentang dan singkong. Pati dipilih karena harganya yang murah, kemampuan memperbaharui, dan memiliki sifat mekanis yang baik.



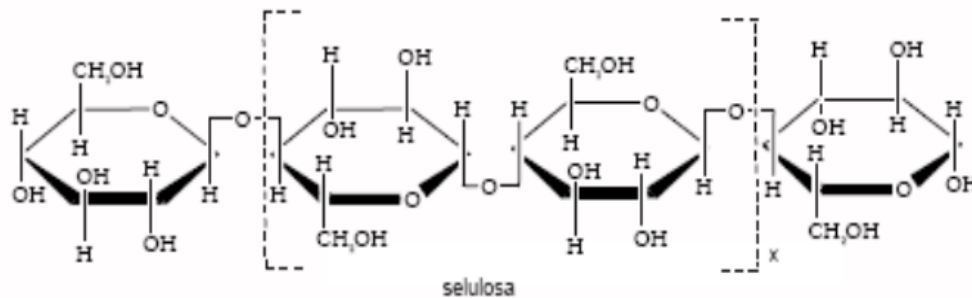
Gambar 2.2. Pati Jagung dan Kentang.
(Sumber: Agrowindo, 2015; Anju, 2019)

Pembuatan *edible coating* berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Dengan adanya penambahan sejumlah air dan dipanaskan pada suhu yang tinggi sehingga terjadi gelatinisasi. Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk lapisan yang stabil. Suhu dimulainya gelatinisasi pati yaitu pada suhu 60,5°C hingga 65,8°C, dan pada suhu 61,2°C hingga 66,5°C merupakan rentan suhu pengentalan. Pembuatan larutan *edible coating* komposit antara bahan bersifat hidrofobik dengan hidrofilik, harus ditambahkan emulsifier agar larutan akan lebih stabil.

Pati tinggi amilosa seperti pati jagung adalah sumber yang baik untuk pembentukan *edible coating*. *Edible coating* dapat dihasilkan dari larutan amilosa yang tergelatinisasi yang kemudian dikeringkan. Pati jagung biasanya terdiri dari 25% amilosa dan 75% amilopektin. Variasi jenis dari jagung menghasilkan pati dengan kandungan amilosa hingga 85%. *Edible coating* yang dihasilkan dari pati jagung tinggi amilosa (71% amilosa) tidak terdeteksi adanya permeabilitas oksigen pada tingkat RH levels kurang dari 100%. Hasil ini berlaku untuk *coating* yang tidak menggunakan *plasticizer* dan yang menggunakan *plasticizer* (16% gliserol). Hasil ini cukup mengejutkan mengingat penambahan *plasticizers* dan absorpsi molekul air oleh polimer hidrofilik dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer dan menyebabkan peningkatan permeabilitas gas. Eterifikasi parsial pada pati tinggi amilosa dengan propilen oksida untuk mendapatkan turunan *hydroxypropylated* dapat meningkatkan kelarutan dalam air.

2.1.2 Selulosa dan Turunannya

Selulosa adalah sumber biomassa paling melimpah di dunia. Selulosa merupakan bahan yang tidak larut yang ditemukan di dinding sel tanaman dari semua buah dan sayuran dan terdapat pada daun, batang, dan kulit tanaman sebagai komponen struktural. Selulosa adalah sumber kapas yang digunakan sebagai bahan pakaian, dan juga berkontribusi secara signifikan terhadap asupan serat makanan yang tidak larut dalam bahan pangan. Selulosa yang berasal dari pohon pinus dan linter kapas digunakan sebagai bahan dasar untuk sejumlah turunan selulosa yang larut dalam air dan sangat fungsional.

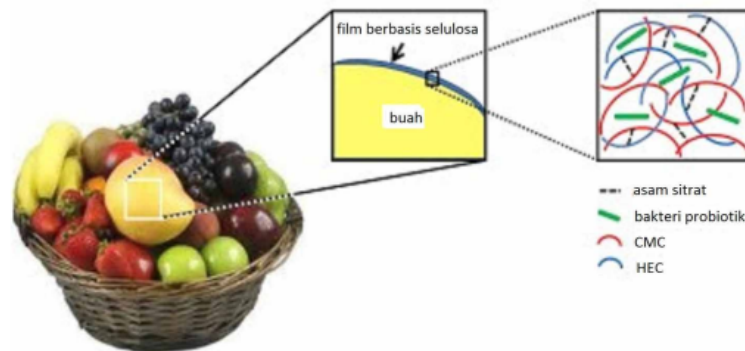


Gambar 2.3. Struktur Kimia Selulosa.

(Sumber: *botanystudies.com*)

Selulosa terdiri dari unit D-glucose berulang yang berikatan pada ikatan glikosidik β -1,4. Dalam keadaan aslinya, gugus hidroksimetil dari residu anhidroglukosa secara alternatif ditempatkan di atas dan di bawah kerangka tulang punggung polimer. Hal ini menghasilkan rantai polimer padat dan struktur kristalin yang dapat bertahan dalam media air. Kelarutan dalam air dapat ditingkatkan dengan memberi perlakuan alkali terhadap selulosa untuk membengkakkan struktur, yang diikuti reaksi dengan asam kloroasetat, metil klorida atau propylene oxide untuk mendapatkan carboxymethyl cellulose (CMC), methyl cellulose (MC), hydroxypropyl cellulose (HPMC) atau hydroxypropyl cellulose (HPC). Edible coating yang dihasilkan dari CMC, MC, HPMC dan HPC memiliki karakteristik yang baik. Coating yang dihasilkan umumnya tidak berbau dan berasa, fleksibel dan cukup kuat, transparan, resisten terhadap minyak dan lemak, larut air, menurunkan uap air dan transmisi oksigen. MC paling tahan terhadap air dan merupakan turunan selulosa dengan sifat hidrofilik terendah. Namun permeabilitas uap air dari edible coating ether selulosa masih relatif tinggi. MC dan HPMC memiliki

kemampuan untuk membentuk lapisan gelatin terinduksi termal. Lapisan ini digunakan untuk menghambat absorpsi minyak pada produk penggorengan. MC dapat diaplikasikan sebagai pelapis produk konfeksioneri sebagai penghambat migrasi lipid. Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai *edible coating* komposit yang terdiri dari MC atau HPMC berbagai padatan lainnya, seperti beeswax dan asam lemak. Beberapa di antaranya memiliki permeabilitas uap air yang sebanding dengan *low density polyethylene* (LDPE).



Gambar 2.4. *Edible coating* berbasis selulosa pada Buah-Buahan.
(Sumber: *x-mol.com*)

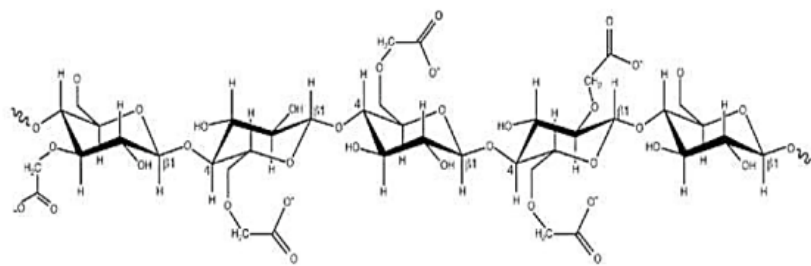
2.1.2.1 Karboksimetil Selulosa (CMC)

Karboksimetil selulosa (CMC) merupakan turunan selulosa dan hasil reaksi dari selulosa dengan natrium hidroksida dan asam kloroasetat. CMC sering digunakan dalam banyak aplikasi pada bidang pangan untuk mengatur viskositas, mengikat air, dan mengatur kejernihan larutan. Ada beberapa kelas viskositas dari CMC, mulai dari ~50 (konsentrasi 2%) hingga 13.000 cP (konsentrasi 1%) dalam air. Secara umum, untuk mengatur ketebalan, CMC dengan nilai viskositas tinggi dipilih karena alasan ekonomi, karena harga CMC lebih ditentukan oleh keseragaman esterifikasi daripada viskositas dari setiap kelas.

Karakteristik CMC umumnya tidak berbau dan hambar, fleksibel, transparan, dan tidak beracun. Saat ini, CMC banyak digunakan dalam industri makanan dan farmasi. Selain itu, CMC dapat diproduksi dari limbah pertanian seperti kulit pepaya, kulit durian, dan kulit jeruk bali. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) adalah tanaman yang dianggap sebagai gulma dengan dampak negatif terhadap ekosistem. Penggunaan

eceng gondok sebagai sumber bahan baku baru untuk sintesis CMC adalah cara lain untuk memanfaatkan spesies tanaman invasif ini karena memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Banyak penelitian telah menerapkan CMC untuk memperpanjang umur simpan produk segar seperti alpukat, peach dan pear, mangga, dan mentimun.

Struktur CMC melibatkan substitusi karboksimetil dari polimer selulosa asli pada posisi C-2, C-3 atau C-6 dari unit glukosa anhidrat. Derajat substitusi umumnya di kisaran 0,6-0,95, tetapi batas adalah 1,0. Semakin tinggi derajat substitusi, semakin larut dan stabil larutan CMC. Namun, keseragaman substitusi di sepanjang rantai selulosa juga mempengaruhi kelarutan dan kehalusan larutan CMC.



Gambar 2.5. Struktur molekul Karboksimetil selulosa (CMC).
(Sumber: Botai, 2019; Nieto, 2009)

CMC bersifat anionik karena kelompok karboksilat terminal yang terionisasi menjadi COO⁻ ketika CMC dilarutkan dalam air dengan kondisi pH netral. CMC ini diproduksi secara komersial sebagai garam natrium. Pada kondisi pH asam (3,0 atau kurang), CMC menjadi tidak larut dan kehilangan sifat mengikat air. Kelas viskositas CMC bervariasi tergantung dengan derajat polimerisasi (DP) dan berat molekul. CMC dengan berat molekul yang lebih kecil atau DP yang lebih rendah akan menghasilkan larutan dengan viskositas yang lebih rendah daripada CMC berat molekul yang lebih besar atau DP yang

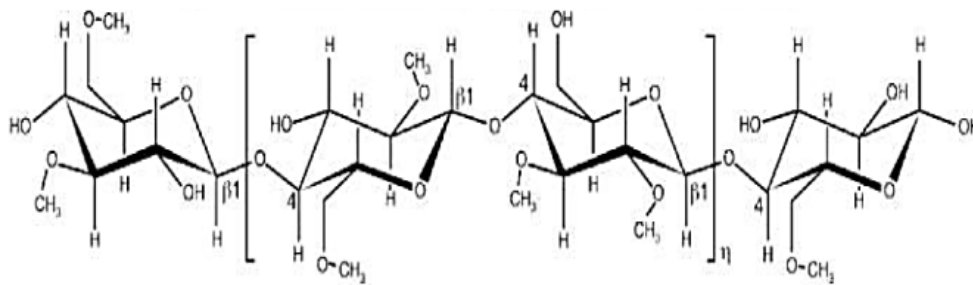
lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh panjang rantai struktur CMC. Sampai batas tertentu, berat molekul mempengaruhi kekuatan *film*, tetapi selama panjang rantai polimer CMC cukup, struktur *film* akan terbentuk.

CMC berfungsi untuk menjaga tekstur alami, kerenyahan dan kekerasan produk, menghambat pertumbuhan kapang pada keju dan sosis, dan mengurangi penyerapan oksigen tanpa menyebabkan peningkatan kadar karbondioksida pada jaringan buah-buahan. Penambahan CMC ke dalam pembentukan *coating* dari pati dapat memperbaiki penampakan, kekuatan, kekompakan, laju transmisi zat, serta mempercepat pembentukan matrik *film*. Tanpa penambahan CMC, pembentukan *coating* dari pati memerlukan energi yang cukup besar dan waktu yang cukup lama, serta *coating* yang dihasilkan kurang cerah, rapuh, dan kurang kompak. CMC akan berinteraksi dengan pati dan air melalui ikatan elektrostatik dan ikatan hidrogen membentuk kompleks elektrostatik yang lebih stabil.

Coating berbasis CMC dan pati jagung dapat memperpanjang umur simpan mentimun selama 7 minggu dan menjaga kualitas mentimun selama penyimpanan pada suhu sekitar 25-28°C dan RH 83%-95%. Mentimun yang dilapisi CMC dan pati jagung menunjukkan penundaan yang signifikan pada penurunan berat, tekstur, pH, total padatan terlarut, asam askorbat dan jumlah mikroba total dibandingkan dengan mentimun yang tidak dilapisi. Hasil evaluasi sensorik menunjukkan bahwa adanya *edible coating* menjaga kualitas organoleptik mentimun selama penyimpanan.

2.1.2.2 Metilselulosa (MC)

Metilselulosa adalah selulosa eter yang diturunkan secara kimia dengan tingkat substitusi metil 1,6-1,9 pada posisi unit glukosa 0-6, 0-2 atau 0-3. Struktur dari metilselulosa berbentuk linear dan nonionik. Penambahan gugus metil eter ke struktur selulosa membuka strukturnya, dan karena hambatan sterik, metilselulosa tidak berasosiasi kembali menjadi mikrofibril ketika dikeringkan, tidak seperti selulosa induknya yang tidak larut. Substitusi kimia inilah yang membuat metilselulosa larut dalam air dingin, dengan terjadinya hidrasi serta ikatan hidrogen dengan air. Meskipun substitusi mengurangi jumlah gugus hidroksil bebas pada molekul selulosa, gugus metil eter masih dapat terjadi ikatan hidrogen dengan air dan ikatan hidrogen antar molekul.



Gambar 2.6 Struktur molekul Metilselulosa (MC).
(Sumber: Botai, 2019; Nieto, 2009)

Meskipun benar-benar larut dalam air dingin dan membentuk larutan yang jernih, metilselulosa membentuk gel pada pemanasan dengan suhu sekitar 48-64°C, tergantung pada kelasnya. Fenomena pembentukan gel adalah tahap dalam proses flokulasi, di mana molekul metilselulosa kehilangan air atau hidrasi, menyebabkan molekul mengempak atau berikatan lebih erat. Bergantung pada konsentrasinya, larutan metilselulosa yang dipanaskan dapat menahan gel atau dapat sepenuhnya tidak larut dan mengendap. Untuk larutan dengan konsentrasi metilselulosa 2% berviskositas tinggi dalam air (~6.000-8.000 cP), bila dipanaskan akan menahan gel yang utuh, tetapi akan menunjukkan beberapa derajat sineresis. Pada konsentrasi yang lebih rendah, atau dengan adanya zat terlarut yang mengganggu zat padat yang tidak larut, metilselulosa dapat sepenuhnya tidak larut. Saat larutan mendingin, metilselulosa kembali larut dan akan mengental lagi. Metilselulosa stabil pada kisaran pH 3-11.

Karena strukturnya linier, sifat nonionik, dan tingkat kelarutannya tinggi, *edible coating* yang dihasilkan dari metilselulosa membentuk struktur yang kuat dan bening. *Film* berbasis metilselulosa akan meregang ketika ditarik, juga berlaku untuk *coating*

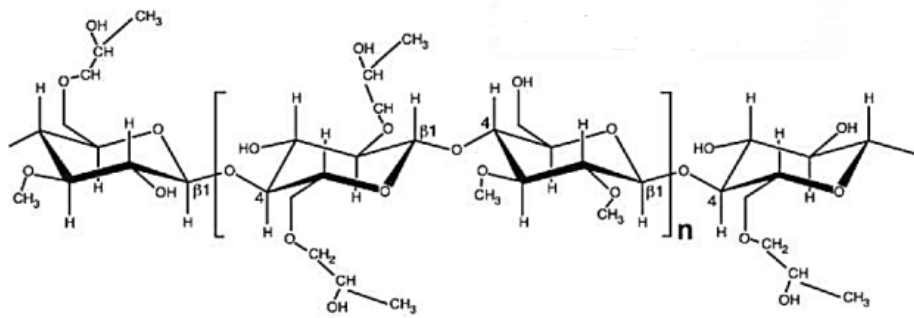
turunan selulosa lainnya, seperti HPMC dan *non-food grade ethylhydroxyethylcellulose* (EHEC). Di antara semua senyawa turunan dari selulosa, MC memiliki sifat pembuatan *coating/film* yang kelarutan tinggi dan merupakan *barrier* oksigen dan lipid yang efisien.

2.1.2.3 Hidroksipropil Metilselulosa (HPMC)

Hidroksipropil metilselulosa (HPMC) juga termasuk dalam kelompok senyawa yang dikenal sebagai eter selulosa. HPMC diproduksi dengan mereaksikan terlebih dahulu selulosa murni dengan pereaksi alkilasi (metil klorida) dengan adanya basa yang biasanya natrium hidroksida dan pengencer inert untuk membentuk metilselulosa. Adanya penambahan basa dan dikombinasikan dengan air dapat mengaktifkan matriks selulosa dengan mengganggu struktur kristalnya dan meningkatkan akses gugus polimer hidroksil ke zat alkilasi untuk mendorong reaksi eterifikasi. Matriks yang diaktifkan ini disebut alkali selulosa. Setelah diaktifkan, metilselulosa kemudian direaksikan lebih lanjut dengan penambahan bertahap dari alkilena oksida, yang dalam kasus HPMC, adalah propilena oksida.

HPMC pada dasarnya sama dengan MC dalam hal struktur, selain adanya substitusi metil, beberapa kelompok hidroksil glukosa yang tersisa digantikan dengan gugus hidroksipropil, yang selanjutnya membuka molekul selulosa. HPMC larut dalam air dingin seperti MC, tetapi suhu flokulasi HPMC lebih tinggi yaitu kurang lebih 82°C. Berbeda dengan MC, larutan HPMC 2% dalam air ketika dipanaskan hingga 82°C atau lebih tinggi akan menghasilkan ketidakseimbangan gum yang terhidrasi sehingga akan tidak larut. HPMC larut kembali ketika suhu air mendingin ke suhu kamar atau lebih rendah seperti MC.





Gambar 2.7 Struktur molekul Hidroksipropil Metilselulosa (HPMC).

(Sumber: Botai, 2019; Nieto, 2009)

HPMC menghasilkan *film* yang kuat, tetapi tidak sekuat metilselulosa. Struktur liniernya dan sifat non-ioniknya seperti MC, ideal untuk pembentukan misel atau untuk pengembangan struktur film sebagai bahan dasar pembuatan *coating*, kecuali gugus hidroksipropilnya yang lebih besar sehingga menjaga rantai polimer lebih jauh terpisah karena hambatan.

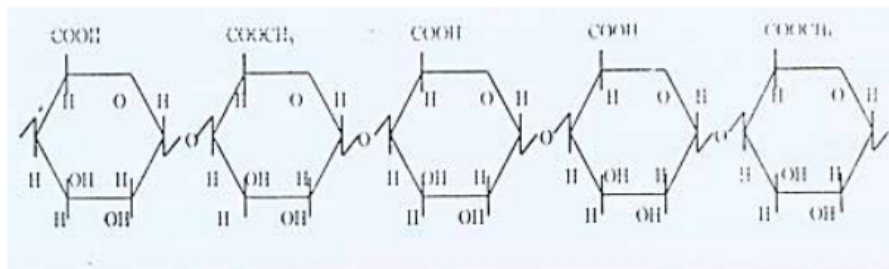
2.1.3 Pektin

Pektin adalah polisakarida yang banyak terdapat pada dinding sel tanaman. Pektin komersial biasanya diekstraksi dari apel kering yang mengandung 15% sampai 18% pektin. Sifat pektin yang terpenting adalah kemampuan membentuk gel. Oleh karena itu, pektin banyak digunakan untuk membuat jam, jelly dan permen. Gel yang terbentuk bersifat elastis dan kental. Pektin merupakan polimer yang tersusun oleh 150-500 unit asam (1-4)- α -D-galakturonat dengan berat molekul 30.000-100.000. Rantai utamanya mengandung residu L-ramnosa dan rantai cabang tersusun sebagian besar oleh β -D-galaktopiranosida dan α -L-arabinofuranosa. Struktur molekul *low methoxy pectin* (LMP) dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Pektin.
(Sumber: Swallow-Globe, 2019)

Perbedaan di antara substansi pektin terletak pada kandungan metil ester atau derajat esterifikasi (DE) terhadap gugus karboksil asam galakturonatnya. Derajat eksterifikasi tersebut memberikan efek penting pada daya larut. Berdasarkan derajat esterifikasi, pektin komersial dibedakan menjadi *low methoxy pectin* (LMP) dan *high methoxy pectin* (HMP) dengan batas nilai DE 50%. HMP membutuhkan sejumlah padatan terlarut (55%-80%) dan kisaran pH 2,8-3,7 untuk membentuk gel. Sedangkan pembentukan gel LMP kurang dipengaruhi pH, namun memerlukan sejumlah tertentu ion kalsium dan tidak membutuhkan gula atau asam.



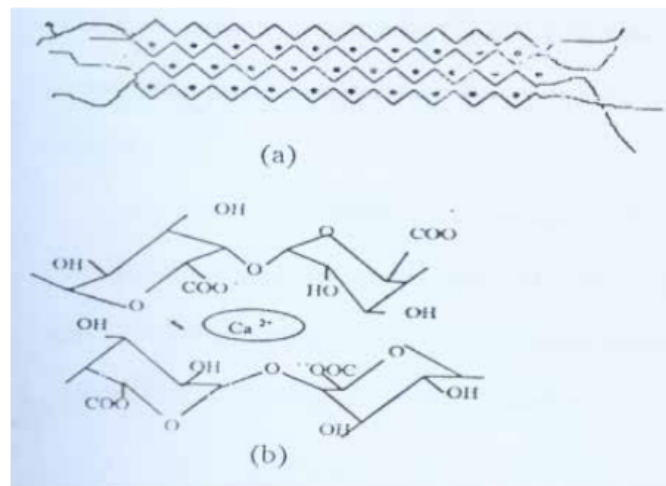
Gambar 2.9. Struktur molekul *low methoxy pectin*.
(Sumber: Axelos dan Thibault, 1991)

LMP lebih stabil terhadap uap air dan panas karena cenderung terjadinya deesterifikasi pada kondisi lembab. LMP banyak digunakan sebagai *coating* bahan pangan karena selain dapat dimakan (*edible*) juga menyebabkan bahan yang dilapisi menjadi lebih menarik dan tidak lengket pada permukaan bahan. Gugus fungsional yang terdapat pada LMP adalah gugus karboksil (COOH), ester (COOCH₃) dan terkadang gugus amida (COONH₂). *Edible coating* berbasis pektin (LMP) memiliki gugus fungsional karboksil (COOH), ester (CH) dan amida (NH₂). Gugus fungsional satu bahan

mempengaruhi sifat *film* yang dihasilkan. Semakin banyak ion hidrogen terikat pada gugus fungsional polar, kehilangan air pada bahan yang dikemas semakin meningkat. Selain itu, timbul adanya pembengkakan akibat penyerapan air dari lingkungan.

Mekanisme pembentukan gel LMP dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik tersebut adalah: jumlah dan urutan gugus karboksil, pola distribusi karboksil bebas, keberadaan dan distribusi ramnosa, gugusan asetil dan amida, serta berat molekul pektin. Sedangkan faktor ekstrinsik yang mempengaruhi pembentukan gel adalah konsentrasi kalsium, pH, kekuatan ionik dan suhu.

Adanya gugus amida pada LMP meningkatkan kemampuan membentuk gel dan menurunkan jumlah kalsium yang dibutuhkan. Pembentukan gel dari pektin LMP tanpa penambahan gula kurang sensitif terhadap pH. Pada pH yang lebih rendah, kalsium yang dibutuhkan semakin banyak. Suhu pada pembentukan gel dari pektin berpengaruh terhadap kekuatan ikatan antara bagian. Semakin tinggi suhu, kekuatan ikatannya makin berkurang. Dengan demikian kekuatan gel yang terbentuk tergantung pada jumlah pektin, padatan terlarut dan konsentrasi kalsium. Semakin banyak jumlah pektin dan konsentrasi kalsium, gel yang terbentuk akan semakin keras.



Gambar 2.10. Skema ikatan kalsium dengan molekul poligalakturonat (a) Model egg- box, (b) Rongga egg-box.

(Sumber: Grant et al., 1973)

Pembentukan gel LMP dapat dijelaskan dengan model *egg-box*, yaitu suatu bentuk yang melibatkan zona persilangan antara molekul galakturonat yang dengan teratur

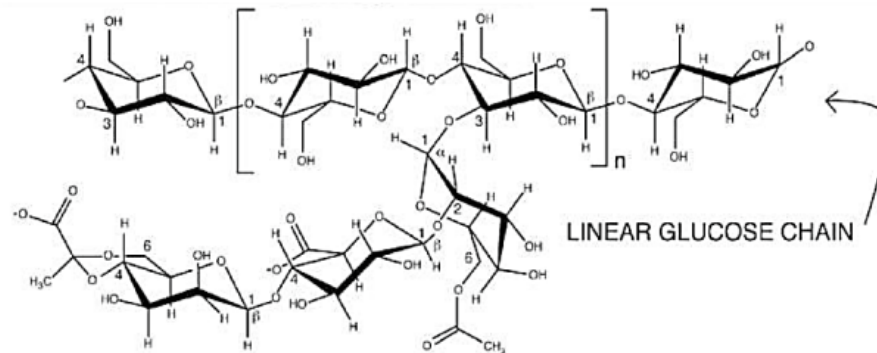
membentuk rangkaian monomer galakturonat secara paralel. Bentuk tersebut terjadi karena adanya ikatan rantai yang berdekatan secara intermolekul melalui adanya gaya elektrostatis dan ikatan ionik dari gugus karboksil (Gambar 2.10).

Edible coating berbasis pektin umumnya tidak sekuat *edible coating* berbasis alginat. Hal ini disebabkan karena adanya substitusi metil (kelompok yang lebih besar dari-COOH) dan keberadaan beberapa “daerah berbulu” yang tersisa atau bercabang pada molekul pektin yang tampaknya menimbulkan lebih banyak penghalang sterik terhadap pembentukan *coating* daripada kelompok asam uronat alginat yang lebih kecil.

Coating berbasis pektin umumnya memiliki tingkat transmisi uap air yang tinggi karena sifat hidrofiliknya. Pektin memberikan mantel yang lembut dan mengkilap sehingga dapat membatasi hilangnya nutrisi dan senyawa yang mudah menguap selama proses penyimpanan dan transportasi. Selain itu, kontaminasi produk oleh mikroorganisme dapat dikendalikan oleh *coating* berbasis pektin. Pada tahun 1972, Bryan mematenkan suatu metode untuk mengawetkan bagian jeruk bali dengan *edible coating* yang terdiri dari metoksil pektin rendah dan locust bean gum yang tersebar di jus jeruk bali. Selain itu, *coating* gel kalsium pektinat dapat memperpanjang umur simpan dari daging burger karena secara signifikan mengurangi penyusutan berat dan pertumbuhan bakteri.

2.1.4 Xanthan gum

Xanthan gum adalah polisakarida yang diproduksi oleh bakteri *Xanthomonas campestris* melalui proses fermentasi yang melibatkan substrat karbohidrat dan nutrisi pendukung pertumbuhan lainnya. *Xanthan gum* sebenarnya merupakan hasil ekskresi untuk melindungi sel-sel bakteri ketika pH dari media fermentasi turun menjadi terlalu rendah dan tidak menguntungkan untuk pertumbuhan. Karena sifat ini, *xanthan gum* memiliki stabilitas yang lebih unggul terhadap asam dibandingkan gum-gum lainnya. Di alam, bakteri ini ditemukan pada daun sayuran *Brassica* seperti kol atau kubis. Secara komersial, *xanthan gum* diproduksi dari kultur murni bakteri secara aerobik melalui proses fermentasi. *Xanthan gum* memiliki beberapa sifat yaitu stabil pada berbagai kondisi pH, dari 1 hingga 13, sangat tahan terhadap hidrolisis enzim, toleran terhadap garam tinggi, gula tinggi dan alkohol tinggi, stabil pada suhu mendidih dan dapat mentolerir pemrosesan retort lebih baik daripada kebanyakan gum lainnya.



Gambar 2.11. Struktur molekul Xanthan gum.
(Sumber: Fengchen-Group, 2009; Nieto, 2009).

Xanthan gum adalah polimer anionik dengan struktur molekul yang terdiri dari rantai glukosa linier yang dihubungkan oleh ikatan glikosidik β -(1-4). Selain itu, terdapat rantai samping trisakarida yang dihubungkan oleh O-3 unit glukosa alternatif dari rantai utama. Rantai samping trisakarida terdiri dari unit manosa bagian dalam yang sebagiannya diasetilasi pada posisi C-6, unit asam glukuronat dan unit terminal manosa yang tersubstitusi sebagian dengan asam piruvat dalam bentuk 4,6-asetal-siklik. Kelompok asam glukuronat dan piruvat memberikan muatan negatif ke molekul *xanthan gum*. Oleh karena itu, unit berulang pada *xanthan gum* merupakan pentamer. Setiap molekul terdiri dari sekitar 7.000 pentamers.

Xanthan gum larut dalam air dingin dan seperti kebanyakan senyawa pengental, *xanthan gum* membentuk gumpalan jika dicampur dalam air dengan pengadukan yang kurang. *Xanthan gum* membentuk larutan yang cukup kental dengan air dan pada konsentrasi 1% memberikan viskositas antara 1.200 dan 1.600 cP. *Xanthan gum* mempunyai sifat yaitu sangat *pseudoplastik* dan menunjukkan penurunan viskositas yang drastis dengan meningkatnya laju pengadukan. Larutan *xanthan gum* memiliki

konsistensi lembut seperti gel, tergantung pada konsentrasi dan pengadukan yang diterapkan yang merupakan sifat khas dari cairan *pseudoplastik*. Kemampuan mengikat air yang konsisten pada *xanthan gum* dapat digunakan untuk mengontrol sinergi dan menghambat rekristalisasi es dalam situasi beku-cair. *Xanthan gum* menunjukkan stabilitas pembekuan yang unggul. Viskositasnya relatif tidak terpengaruh oleh kekuatan ionik, kondisi pH (1-13), pengadukan serta suhu.

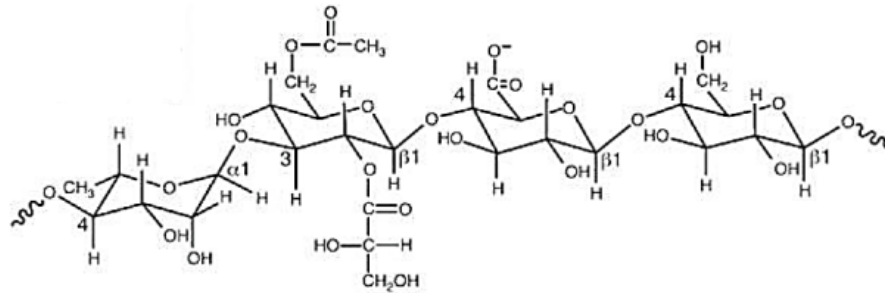
Xanthan gum digunakan sebagai pelapis buah acerola mentah yang disimpan pada suhu 30°C dan 70-80% RH selama 6 hari. Buah-buahan yang dilapisi dengan *xanthan gum* sebanyak 1,4% akan menurunkan tingkat respirasi, penurunan susut bobot, konsentrasi padatan terlarut (°Bx), keasaman total dan warna buah acerola dibandingkan dengan kontrol. Konsentrasi *xanthan gum* sebesar 1,4% dapat menghalangi transpirasi pada permukaan buah acerola, proses pematangan acerola dapat ditunda dan mencegah pengambilan oksigen. Hal ini dapat memperpanjang umur selama 6 hari pada suhu 30°C tanpa efek negatif pada kualitas buah. Selain itu, penampilan buah acerola tidak memiliki cacat dan segar, berkilau dan berwarna cerah.

2.1.5 Gellan gum

Gellan gum merupakan *bacterial exopolysaccharide*, seperti *xanthan gum*, yang dihasilkan dari fermentasi aerobik dari substrat karbohidrat oleh bakteri *Sphingomonas elodea*, yang sebelumnya disebut *Pseudomonas elodea*. *Gellan gum* adalah polimer anionik linier dari sekitar 50.000 DP. *Gellan gum* dapat atau tidak dapat diesterifikasi dengan perlakuan alkali untuk masing-masing menghasilkan kadar asil rendah dan asil tinggi. Fungsi *gellan gum* tergantung pada derajat asilasinya. Gel dengan asil tinggi membentuk gel lunak, sangat elastis, transparan dan fleksibel, sedangkan gel dengan asil rendah membentuk gel yang keras, tidak elastis, dan rapuh. Gel *gellan* dengan asil yang tinggi lebih fleksibel daripada gel *xanthan*-LBG, lebih kuat dan lebih rapuh daripada gel agar. Kedua grade *gellan gum* menghasilkan gel yang bersifat termoreversibel.

Meskipun tidak larut dalam air dingin, *gellan gum* memiliki sifat seperti karagenan yaitu membengkak dan mengental saat larutan dipanaskan, tetapi kehilangan viskositas karena larut sepenuhnya. *Gellan* dengan asil rendah terhidrasi penuh antara 80-95°C dan mengeset dalam suhu antara 10-60°C tergantung pada konsentrasi dan ada atau tidaknya ion. Sedangkan *gellan* dengan asil tinggi terhidrasi penuh pada suhu 70°C

atau lebih tinggi dan mengeset pada suhu 70-80°C. Apabila ada penambahan asam serta ion mono dan divalen, gel *gellan* dengan asil rendah akan mengalami peningkatan tetapi gel *gellan* dengan asil tinggi tidak terpengaruh sama sekali. Selain itu, apabila ada penambahan gula, gel *gellan* dengan asil rendah mengalami penurunan kekerasan dan tekstur yang dapat dimodifikasi dan gel *gellan* dengan asil tinggi akan mengalami peningkatan kekuatan gel pada kondisi yang sama.



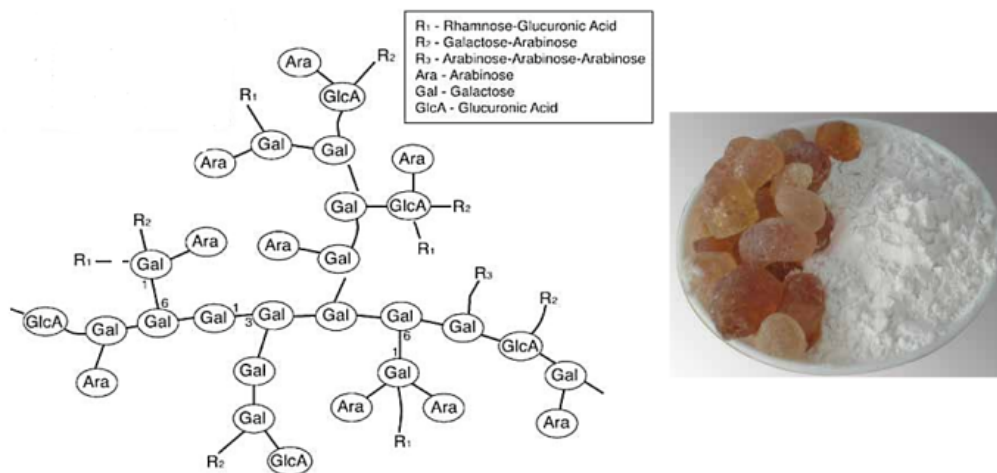
Gambar 2.12 Struktur molekul *gellan gum*.
(Sumber: *Indiamart.com*; Nieto, 2009)

Film yang dihasilkan dari *gellan* tidak sekuat *film* yang dihasilkan dari agar, akan tetapi *film* yang dihasilkan dari *gellan* memiliki karakteristik seperti *film* yang dihasilkan dari agar, yaitu bening dan seperti bahan utamanya tidak larut dalam air dingin, sehingga *gellan* baik digunakan sebagai *edible coating*. *Gellan gum* dengan hasil rendah yang menghasilkan gel yang lebih kuat akan menghasilkan *coating* yang lebih kuat juga. Jika *gellan* dide-esterifikasi, atau semua gugus asilnya dihilangkan, *polimer gellan* yang linier dapat menjadi benar-benar tidak larut dalam air dingin seperti agar dan akan membutuhkan suhu yang lebih tinggi atau suhu mendidih untuk larut. Tetapi dengan adanya proses de-esterifikasi akan menghasilkan *coating* yang lebih kuat.

Coating berbasis *gellan gum* digunakan untuk melapisi buah apel dan pepaya segar dan dapat memperpanjang umur simpan dari buah tersebut. Selain itu *Coating* berbasis *gellan gum* merupakan *carrier* yang baik untuk agen antioksidan, termasuk sistein, *glutathione*, dan asam askorbat dan sitrat.

2.1.6 Gum Arab

Gum arab adalah eksudat dari batang dan cabang pohon sub-Sahara *Acacia senegal* dan *Acacia seyal* yang secara alami mengeluarkan getah atau dilubangi untuk membentuk nodul getah besar untuk menutup luka di kulit pohon. *Gum arab* terdiri dari campuran kompleks dan variabel dari *oligosakarida arabinogalaktan*, *polisakarida* dan *glikoprotein*. Tergantung pada sumbernya komponen-komponen glikan mengandung proporsi L-arabinose yang relatif lebih besar daripada D-galaktosa (*A. seyal*) atau D-galaktosa daripada L-arabinosa (*A. senegal*). *Gum* yang diekstraksi dari *A. seyal* secara signifikan mengandung lebih banyak asam 4-O-metil-d-glukuronat, tetapi lebih sedikit L-ramnosa dan asam D-glukuronat yang tersubstitusi, dibandingkan dengan gum yang berasal dari *A. senegal*.



Gambar 2.13. Struktur molekul Gum arab.
(Sumber: *Alibaba.com*; Nieto, 2009)

Gum arab merupakan polimer yang sangat bercabang dengan rantai utama, yaitu (1-3) yang terhubung dengan β -D-galaktopiranosil dan rantai samping unit

(1-3)- β -D-galaktopiranosil yang bergabung melalui rantai (1-6) dan dengan berat molekul ~ 250.000 serta panjang rantai samping 2-5 unit. Baik rantai utama dan rantai samping tersambung dengan unit α -L-arabinofuranosil, α -L-ramnopyranosil, β -D-glucuronopyranosyl dan 4-O-metil- β -D-glukuronopyranosil. Selain itu, gum arab memiliki fraksi minor dari kompleks protein-arabinogalaktan dengan MW $\sim 2,5 \times 10^6$ Da. Protein yang terkait secara kovalen $\sim 2\%$ dari total gum, kaya akan hidrosiprolin, mengandung konsensus 19 residu yang berulang dan hampir simetris (ser-hip^a-hip^a-hip^a-thr-leu-ser-hip^b-ser-hip^b-thr-hyp-thr-hyp^a-hyp^a-hyp^a-gly-pro-his) dengan hidrosiprolin yang berdekatan (a) melekat pada oligo- α -1-3-L-arabininofuran dan hidrosiprolin yang tidak berdekatan (b) melekat pada residu galaktosa oligo-arabinogalaktan yang menggabungkan inti β -1-3-galaktopiran dengan rantai samping ramnoglukuronoarabinogalaktosa pentasakarida.

Tingkat percabangan yang tinggi membuat *gum arab* memiliki bentuk yang lebih bulat meskipun berat molekulnya tinggi hal ini merupakan konfigurasi yang mencegah pembentukan misel. Dalam larutan, molekul-molekul *gum arab* memiliki kemampuan yang terbatas untuk membentuk ikatan hidrogen antar molekul, karena percabangan yang luas dan menghalangi interaksi tersebut berkembang. Meskipun gum arab larut dan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air, *gum arab* tidak efektif dalam menghentikan air. Sehingga sifat mengentalnya akan menjadi menurun dibandingkan dengan kebanyakan gum yang linear dan kurangnya kekuatan *film* ketika larutannya dicetak dan dikeringkan.

Membandingkan sumber-sumber *A. Senegal* dan *A. seyal* gum, pada ketebalan *coating* dan konsentrasi yang sama, *coating A. seyal* lebih lemah dan mengalami keretakan pada proses pengeringan, sedangkan *coating* yang diperoleh dari *A. senegal* meskipun tidak mengelupas dari permukaan, *coating* dari *A. senegal* tidak retak pada pengeringan. Sebaliknya, *coating* dari *A. senegal* tetap seragam melapisi permukaan seperti laminasi. Percabangan *A. seyal* yang lebih banyak memungkinkan berpengaruh pada sifat *coating* yang lebih lemah dan tidak kohesif. Kelarutan kedua *coating* ini sangat baik. Viskositas yang rendah dari gum arab dan kurangnya kekuatan *coating* meningkatkan penguraiannya di mulut karena lebih cepat hancur dalam air liur.

Coating berbasis gum arab digunakan untuk melapisi kacang pecan untuk menahan minyak yang ada di dalam kacang agar tidak keluar dan melapisi kentang untuk menghambat proses *browning enzimatis* pada kentang. Selain itu, sirup *gum arab*

lebih mudah larut di dalam air dibandingkan gum biji jenis lainnya. Gum ini juga dapat dilarutkan dalam air dingin dan memberikan kekentalan yang tinggi dalam konsentrasi rendah. *Guar gum* memiliki sifat yang sama seperti karagenan, alginat, *xanthan gum* dan gum arab sebagai *edible coating*, tetapi *guar gum* memiliki keuntungan yaitu lebih murah dibandingkan dengan hidrokoloid dan lilin komersial lainnya. Adanya substitusi galaktosa dalam *guar gum* menimbulkan hambatan sterik yang dapat mengurangi ikatan hidrogen antar molekul.

Guar gum dapat dimodifikasi secara kimia menjadi gom guar karboksimetil, turunan anionik dari guar. Kehadiran gugus hidroksil dalam struktur *guar gum* menyediakan substrat yang cocok untuk reaksi metilasi karboksi. Di antara banyak turunan *guar gum*, *guar gum carboxy-methyl* sudah diaplikasikan di berbagai industri.

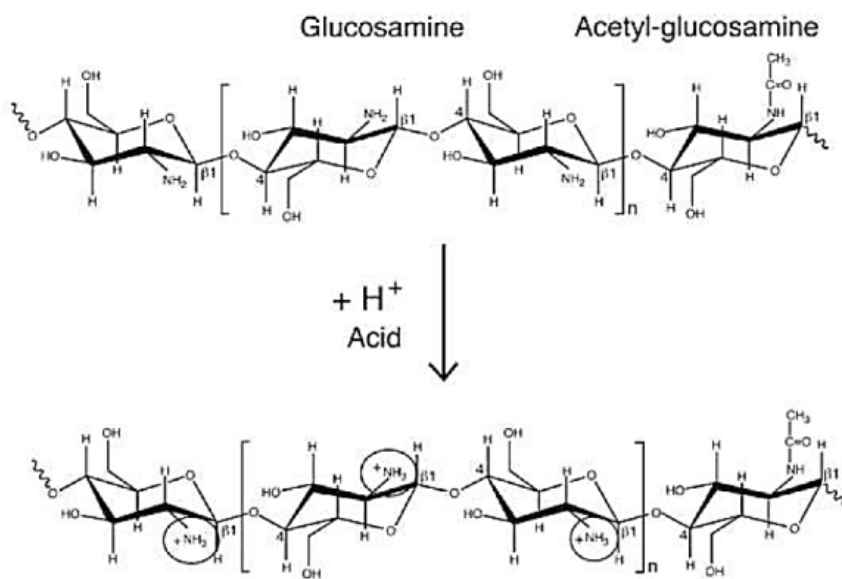
Coating berbasis *guar gum* menghasilkan lebih sedikit kehilangan uap air dan ketegaran mentimun yang lebih baik. Mentimun yang dilapisi dengan *guar gum* dan *carboxy-methyl guar gum* yang mengandung minyak kayu manis dan kalium sorbat menunjukkan penundaan yang signifikan dalam perubahan berat, pH, keasaman yang dapat dititrasi, dan konsentrasi padatan terlarut selama penyimpanan pada 25°C dibandingkan dengan mentimun yang tidak dilapisi. *Coating* berbasis *guar gum* membantu dalam mempertahankan senyawa fenolik dan mencegah oksidasi berlebih dengan menunjukkan aktivitas antioksidan yang baik yang sebanding dengan sayuran segar.

2.1.8 Kitin/Kitosan

Kitin merupakan biopolimer alami terbanyak setelah selulosa. Kitin biasa ditemukan pada cangkang luar udang, di dinding sel fungi dan bahan biologis lainnya. Struktur utamanya adalah poli- β -(1-4)-2-asetil-D-glukosamin, yang identik dengan selulosa kecuali pada hidroksil sekunder pada atom karbon nomor 2 pada unit heksosa berulang yang digantikan oleh gugus acetamide.

Kitosan adalah turunan utama kitin, bahan yang terdiri dari *exoskeleton krustasea* dan moluska, dan diproduksi oleh deasetilasi alkali dari kitin. Kitosan adalah poli- β -(1-4)-2-amino-deoksi-D-glukopiranos. Kitosan yang biasa digunakan umumnya 85% terdeasetilasi. Dalam larutan, kitosan membentuk agregat yang menyerupai misel dari segmen rantai polisakarida yang sepenuhnya terasetilasi, dimana saling terhubung

oleh blok polisakarida yang hampir terdeasetilasi sepenuhnya, yang diregangkan oleh tolakan elektrostatis. Kitosan dalam bentuk amina bebas tidak larut dalam air pada pH netral. Namun kitosan larut dalam asam asetat glasial dan HCl encer, tetapi tidak larut dalam asam sulfat encer pada suhu kamar.



Gambar 2.15. Struktur molekul Kitosan.
(Sumber: urun.n11.com; Nieto, 2009)

Kitosan mengandung sejumlah besar gugus amino di sepanjang rantai. Karena itu, kitosan mampu membentuk banyak kompleks. Pada pH asam, protonasi kelompok -NH₂ mengubahnya menjadi -NH₃⁺, yang dapat berasosiasi dengan polianion untuk membentuk kompleks dan mengikat molekul anionik pada permukaan dinding sel bakteri dan jamur. Pada tingkat pH yang lebih tinggi (> 4), kitosan dapat membentuk kompleks dengan pewarna dan logam berat. Kemampuan yang menarik ini membuat

kitosan banyak digunakan dalam penyembuhan luka, produksi kulit buatan, pengawetan makanan, kosmetik, dan pengolahan air limbah.

Kitosan dideskripsikan berdasarkan tingkat deasetilasi dan rata-rata berat molekul, dan pada kemampuan anti mikroba yang juga berkaitan dengan karakteristik kationisitas dan sifat pembentukannya. Kitosan merupakan polimer tidak beracun yang berasal dari kitin. Sifat fisikokimia dan biologis kitosan berperan pada formulasi makanan karena dapat meningkatkan nutrisi, higienis dan sifat sensorik, karena sifat pengemulsi, antimikroba, antioksidan dan pembentuk gel. Selain itu, berfungsi pula sebagai serat fungsional. Sifat-sifat tersebut menjadikan kitosan sangat cocok untuk formulasi *edible coating*.

Kitosan dapat membentuk lapisan semi permeabel yang dapat memodifikasi atmosfer internal, sehingga dapat memperlambat pematangan dan menurunkan laju transpirasi sehingga dapat memperpanjang umur simpan buah dan sayuran. *Coating* yang terbuat dari larutan kitosan bersifat jernih, kuat, fleksibel dan memiliki kemampuan menahan oksigen dengan baik. Permeabilitas karbondioksida dapat ditingkatkan dengan melakukan metilasi terhadap polimer. *Coating* yang terbuat dari kitosan lebih stabil dan sifat mekanis dan kemampuan *barrier*-nya tidak mudah berubah selama penyimpanan. *Coating* berbasis kitosan biasanya digunakan pada produk buah dan sayur seperti stroberi, mentimun, paprika sebagai pelapis anti mikroba, dan juga diaplikasikan pada apel, pir, persik dan plum sebagai penghalang gas. Hasil penelitian yang berbeda pun membuktikan bahwa aplikasi kitosan efektif dalam memperlambat proses pematangan stroberi, ceri manis, dan pepaya.

Buah stroberi yang dilapisi dengan larutan kitosan 1%, dikemas dalam *modified atmosphere* (MA) dengan persentase O₂ tinggi (80%) dan rendah (5%) kemudian disimpan pada suhu 4, 8, 12 dan 15°C. Pelapisan kitosan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan mempengaruhi stabilitas stroberi secara positif dan mempengaruhi warna secara positif. Penerapan pelapisan kitosan pada jamur dapat menunda perubahan warna yang terkait dengan berkurangnya aktivitas *polifenoloksidase*, *peroksidase*, *katalase*, *fenilalanin amonia lyase* dan *lakase*, serta total konten fenolik yang lebih rendah dan aktivitas *selulase* yang berkurang, *amilase* total dan α -*amilase*. Sifat fungsional dari *coating* berbasis kitosan dapat ditingkatkan dengan menggabungkannya dengan hidrokoloid dan bahan pembentuk *coating* lainnya. *Coating* berbasis

kitosan/metil selulosa dan vanilin memberikan efek penghambatan terhadap *E. coli* dan *S. cerevisiae*.

2.1.9 Lidah Buaya

Lidah buaya merupakan tanaman tropikal dan sub-tropikal yang telah digunakan selama berabad-abad untuk keperluan medis dan pengobatan. Lidah buaya memiliki daun yang tebal dan berduri, berwarna abu-abu hingga hijau cerah. Daunnya yang tebal menyimpan cadangan air untuk bertahan hidup pada kondisi kekeringan dalam waktu yang lama. Ada dua lapisan daun lidah buaya pada bagian melintang yaitu kulit daun luar yang berwarna hijau serta jaringan parenkim yang berbentuk gel, lunak dan tidak berwarna. Lidah buaya mengandung karbohidrat *malic-acid acetylated* (termasuk β -1,4 glucomannan) yang dikenal memiliki sebagai senyawa anti radang.

Gel lidah buaya dapat dikonsumsi, tidak berasa, tidak berwarna, tidak berbau serta tidak akan mempengaruhi rasa dari bahan pangan yang dilapisinya. Belakangan ini, penggunaan lidah buaya sebagai *edible coating* untuk buah dan sayur meningkat karena dapat berfungsi sebagai anti jamur. *Edible coating* lidah buaya ini dapat mengurangi jumlah mikroba awal untuk bakteri aerob mesofilik, ragi dan jamur pada anggur jenis *Crimson Seedles*.



Gambar 2.16. Lidah Buaya.

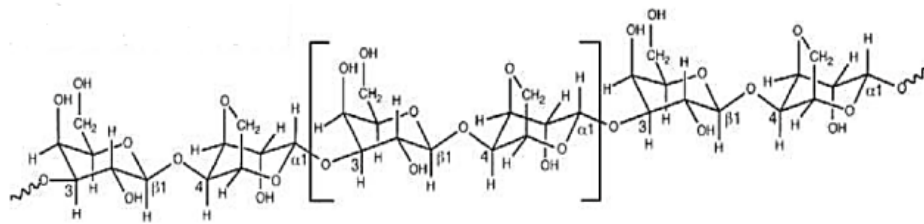
(Sumber: beritagar.id; nakita.grid.id)

Gel lidah buaya membentuk lapisan pelindung yang bersifat higroskopis sehingga memungkinkan pembentukan O_2 dan CO_2 dan menciptakan kondisi *modified atmosphere* (MA) dan berfungsi sebagai *barrier* uap air antara buah dan lingkungan, dan dengan demikian dapat mengurangi penurunan berat pada buah, *browning*, pelunakan serta pertumbuhan ragi dan jamur. *Coating* berbasis lidah buaya juga dapat mempertahankan

tekstur dan warna, dan mengurangi kehilangan air serta dapat mengurangi populasi mikroba pada buah ceri.

2.1.10 Agar

Agar didapatkan dari hasil ekstraksi dua rumput laut merah umum, yaitu *Gelidium sp.* dan *Gracilaria sp.* Agar terdiri dari campuran agarosa (fraksi pembuat gel) dan agaropektin (fraksi yang tidak membentuk gel), dimana sedikit bercabang dan mengandung sulfat. Dalam pembuatan agar *food grade* komersial, kebanyakan agaropektin dihilangkan selama proses. Oleh karena itu, bahan utama agar komersial adalah fraksi agarosa. Agarosa merupakan polimer linear dengan berat molekul sekitar 120.000, dan terdiri dari dimer D-galaktosil dan 3,6-L-galaktosil-anhidrat yang berulang dimana dimer tersebut terhubung melalui rantai α -(1-3) dan β -(1-4) glikosidik.



D-Galactose 3,6-anhydro-L-Galactose
DIMER

Gambar 2.17 Struktur molekul fraksi Agarosa.

(Sumber: *indiamart.com*; Nieto, 2009)

Agar sering digunakan karena kemampuan pembentukan gelynya dan lebih stabil dalam kondisi pH rendah dan suhu yang tinggi dibandingkan bahan pembuat gel lainnya. Proses gelasi terjadi karena adanya pembentukan jaringan agarosa *double helix* yang

membentuk zona persimpangan. *Double helix* ini distabilkan dengan adanya molekul air yang terikat di dalam rongga *double helix*. Gugus hidroksil eksterior memungkinkan agregasi *double helix* ini melalui ikatan hidrogen antar molekul, setelah pendinginan larutan agar. Dalam proses agregasi ini *suprafibers* (terdiri dari hingga 10.000 *double helix*) terbentuk dan berpengaruh terhadap kekuatan *film* berbasis agar. Larutan gel agar terbentuk pada kisaran suhu 90-103°C, sehingga ketika membuat *film* berbasis agar, suhu dari larutan dan permukaan cetakan perlu dipertahankan di atas suhu pengaturan gel agarosa untuk menghindari gelasi prematur. *Film* berbasis agar memiliki sifat kuat dan bening sehingga baik untuk digunakan sebagai *edible coating*, tetapi *film* berbasis agar memiliki kekurangan yaitu tidak larut dalam air dalam kondisi lingkungan sekitar.

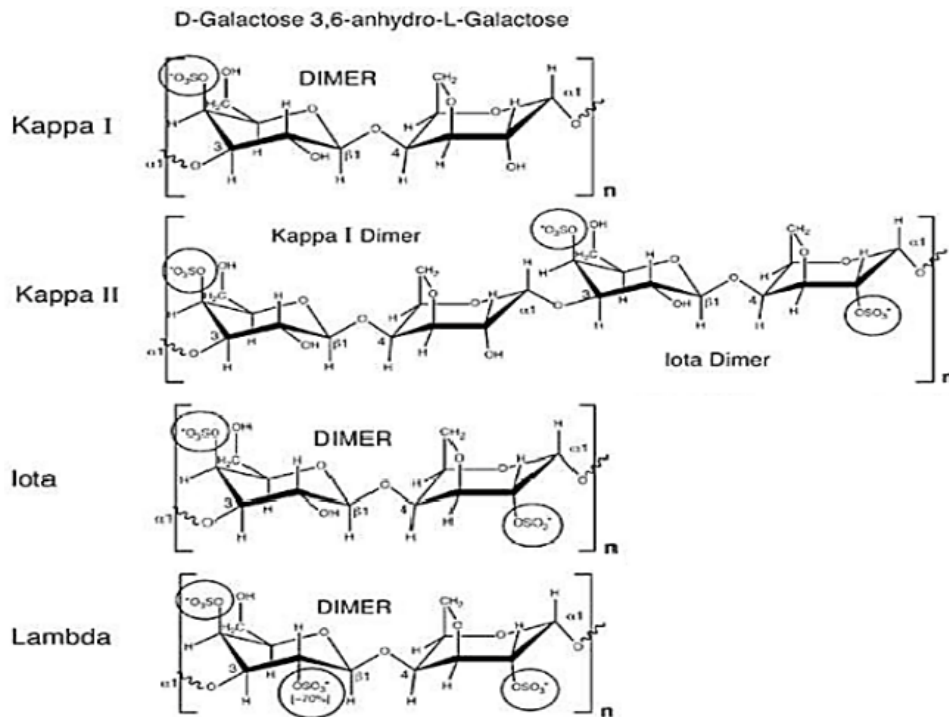
Coating berbasis agar dengan penambahan antibiotik dapat digunakan pada daging unggas dan sapi untuk memperpanjang umur simpannya meskipun *coating* tersebut tidak mengurangi kehilangan uap air pada daging. Baru-baru ini, penggabungan nisin (bakteriosin) ke dalam *coating* berbasis agar dengan penambahan chelators *food grade* (EDTA, asam sitrat, atau *polyoxyethylene sorbitan monolaureate*) secara efektif dapat mengurangi kadar *Salmonella typhimurium* pada produk unggas.

2.1.11 Karagenan

Karagenan merupakan getah rumput laut yang diekstrak menggunakan air atau larutan alkali dari jenis tertentu dari kelas *Rhodophyceae* (alga merah). Karagenan sering diencerkan dengan penambahan gula untuk tujuan standarisasi, serta dicampur dengan garam *food grade* untuk mendapat sifat gelasi serta kepekatan yang diinginkan. Alga merah yang sering diekstrak untuk menghasilkan karagenan antara lain *Euचेuma spinosum*, *Euचेuma cottonii*, *Chondrus crispus*, *Gigartina skottsbergi*, dan *Iradea laminarioides*.

Menurut susunan dan struktur kimianya, karagenan terdiri dari 4 macam fraksi yaitu Kappa I, Kappa II, Iota dan Lambda. Rumput laut yang berbeda menghasilkan karagenan yang berbeda dengan satu jenis karagenan yang lebih dominan. Kappa-karagenan murni dan Iota-karagenan didapatkan setelah dilakukan proses presipitasi dengan kalium klorida, dimana fraksi Kappa dan Iota tidak larut dalam air dan Lambda dihilangkan dalam fase larut.

Karagenan merupakan polimer linier dengan struktur teratur tetapi tidak tepat, tergantung pada sumber dan kondisi ekstraksi. Karagenan terdiri dari dimer unit galaktopiranosil yang dihubungkan oleh ikatan glukosidik β -(1-4) dan α -(1-3). Pada unit gula terdapat sulfat baik pada C-2, C-3 atau C-6 dari galaktosa atau C-2 dari galaktosa anhidrat. Strukturnya serupa dengan agar, kecuali dengan adanya 3,6-d-galaktosa-anhidrat daripada 3,6-l-galaktosa anhidrat yang terdapat pada agar dan adanya gugus sulfat dalam karagenan.



Gambar 2.18 Struktur molekul berbagai macam fraksi Karagenan.

(Sumber: tokopedia.com; Nieto, 2009)

Perbedaan antara keempat jenis fraksi karagenan, yaitu dari kandungan sulfatnya. Kappa I merupakan fraksi yang paling sedikit kandungan sulfatnya dengan 25% kandungan ester sulfat, sedangkan lambda merupakan fraksi yang paling banyak dengan 35%. Perbedaan kandungan sulfat ini menyebabkan perbedaan dalam tingkat muatan negatif dan kelarutan dalam air. Lambda-karagenan larut dan dapat diekstrak menggunakan air dingin sedangkan kappa-karagenan hanya larut sebagian dalam air dingin dan membutuhkan pemanasan hingga 82°C untuk dapat larut dan terekstraksi. Iota-karagenan memiliki tingkat kelarutan yang berada di antara lambda-karagenan dan kappa-karagenan.

Karagenan berbentuk tepung, berfungsi sebagai stabilisator, pengemulsi dan dapat membuat gel dengan baik, sehingga banyak digunakan sebagai bahan pembuat gel dan pengental. Karagenan murni menghasilkan larutan yang bening sehingga dapat menghasilkan *edible coating* yang bening. Kappa-karagenan, yang memiliki sedikit muatan negatif membutuhkan pemanasan dengan suhu 80-82°C untuk membuat gel sedangkan lambda-karagenan yang memiliki banyak muatan negatif tidak membutuhkan pemanasan untuk membentuk gel tetapi menghasilkan *coating* yang lebih lemah dari kappa-karagenan.

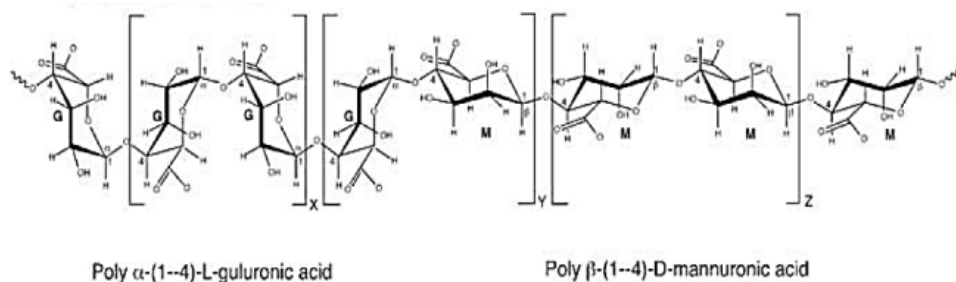
Coating berbasis karagenan telah diterapkan pada buah-buahan dan sayuran segar, seperti apel, untuk mengurangi kehilangan kelembaban, oksidasi dan/atau disintegrasi. *Coating* berbasis kappa karagenan efektif sebagai *carrier* antimikroba *food grade* seperti lisozim, nisin, ekstrak biji anggur, dan EDTA untuk berbagai produk pangan. *Coating* ini juga dapat menghasilkan zat-zat antibakteri, seperti asam askorbat, menghasilkan hasil evaluasi sensorik positif dan pengurangan kadar mikroba dalam irisan apel yang diproses secara minimal.

2.1.12 Alginat

Alginat merupakan polisakarida yang diisolasi dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*). Alginat banyak digunakan dalam industri pangan sebagai pembentuk tekstur dan bahan pembentuk gel. Alginat dalam rumput laut berbentuk sebagai garam natrium, kalsium, magnesium, strontium dan barium dalam bentuk gel. Alginat dapat diekstraksi dengan menerapkan perlakuan asam untuk mengubah alginat menjadi asam alginat, diikuti dengan perlakuan alkali (Na_2CO_3 atau NaOH) untuk menghasilkan natrium alginat yang larut dalam air.

Alginat merupakan polimer linier yang tidak bercabang, mengandung asam β -(1-4)-D-mannuronat (M) dan asam α -(1-4)-L-guluronat (G), oleh karena itu merupakan polimer yang sangat anionik. Alginat bukan kopolimer acak, melainkan kopolimer blok. Alginat terdiri dari 2 blok unit gula yang sama dan bergantian (MMMMMM, GGGGGG dan GMGMGMGM) dengan masing-masing blok memiliki struktur konformasi yang berbeda (Gambar 19).

Gelasi dari alginat, dengan kalsium atau ion bivalen bersifat instan. Blok G merespon ikatan kalsium lebih cepat daripada blok M, karena adanya konformasi molekul tiga dimensi berbentuk "egg box" yang strukturnya mengakomodasi ion Ca^{2+} untuk membentuk jembatan garam, sesuai dengan zona persimpangan antara rantai polimer yang berdekatan. Namun demikian, blok M juga dapat berasosiasi melalui jembatan garam Ca^{2+} membentuk gel yang lebih kaku dengan stabilitas panas yang baik. Ketika gelasi diperlukan, alginat guluronat tinggi digunakan, sedangkan alginat mannuronat tinggi digunakan ketika atribut ketebalan diperlukan. Alginat dengan kelas viskositas yang berbeda dari alginat G tinggi atau alginat M tinggi diproduksi secara komersial dan beberapa kelas alginat menggabungkan zat sequestran untuk mengurangi sensitivitas terhadap kalsium.



Gambar 2.19 Sodium Alginat dan struktur molekul Alginat.

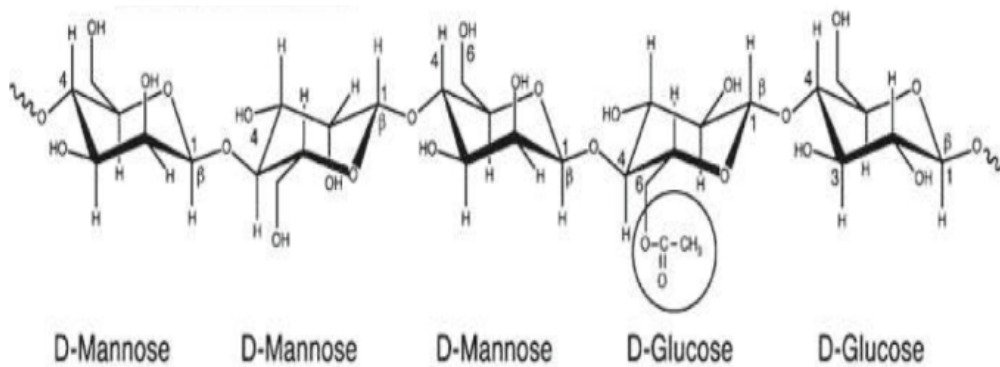
(Sumber: *indiamart.com*; Nieto, 2009)

Alginat memiliki sifat koloid yang unik dan dapat membentuk gel yang kuat atau polimer yang tidak larut melalui *crossed linking* dengan Ca^{2+} setelah melalui perlakuan oleh larutan CaCl_2 . *Coating* berbasis alginat dapat menjaga kualitas produk pangan dengan baik dan memperpanjang umur simpan dengan meningkatkan penghalang air sehingga dapat mencegah kontaminasi mikroba, menjaga rasa dan tekstur buah-buahan segar. *Coating* dari alginat dapat mencegah oksidasi lipid dan menghentikan ketengikan, sehingga dapat mengurangi persepsi rasa hangat yang disebabkan oleh adanya oksidasi lipid. *Coating* berbasis alginat digunakan pada daging burger untuk mengurangi *flavor* tengik, memperbaiki sifat sensorik dan kualitas yang lebih baik dibandingkan daging burger yang tidak dilapisi *coating*.

2.1.13 Konjac Gum

Konjac gum yang biasa disebut dengan konnyaku merupakan hidrokoloid yang berasal dari akar tanaman *Amorphophallus spp.*, dan identik dengan konjac mannan dan konjac glukomanan. Konnyaku adalah makanan umum Cina tradisional yang memiliki sejarah lebih dari 2.000 tahun dan juga makanan kesehatan yang populer di pasar Asia. Konnyaku adalah heteropolysaccharide yang terdiri dari unit glukosa dan manosa monosakarida dengan rasio 5 : 8 dan dihubungkan oleh ikatan β -(1-4) glikosidik.





Gambar 2.20 *Konjac gum* dan struktur molekul konjac gum (indiamart.com; Nieto, 2009)

Molekul konjac glukomanan berupa rantai linier semi fleksibel yang diperpanjang tanpa cabang. Sedangkan konjac manan memiliki sedikit percabangan pada setiap 50-60 rantai gula dan mengandung sekitar satu gugus ester asetil per 19 residu gula. Berat molekul konjac manan tergantung pada spesies atau bahkan dari varietas *Amorphophallus* mana ia diekstraksi dan pada metode ekstraksi yang digunakan.

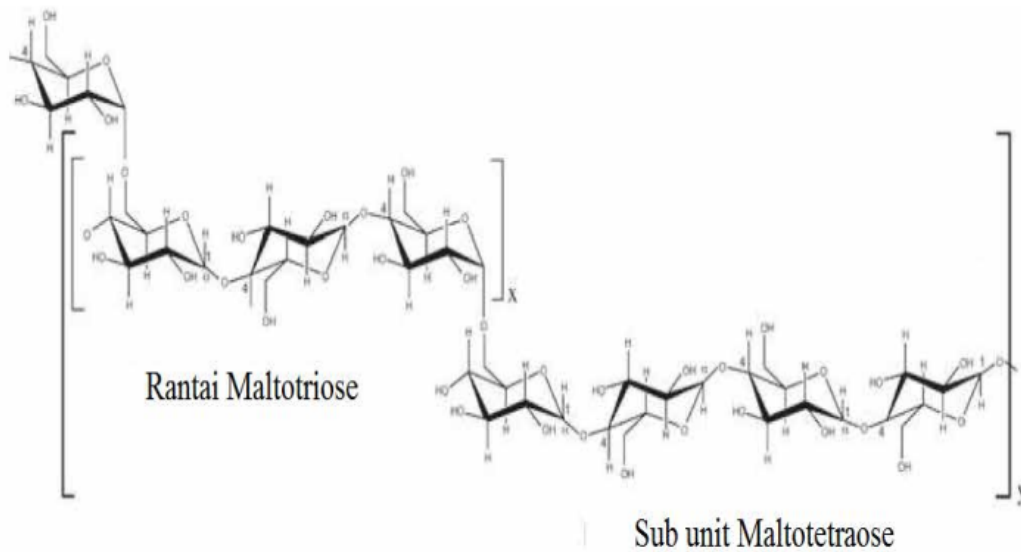
Gel konnyaku akan terbentuk jika dipanaskan setelah perlakuan atau setelah ditambahkan alkali. Gel ini terbentuk sebagai hasil dari hidrolisis gugus asetil yang tidak lagi menghambat ikatan hidrogen antar molekul rantai. Konnyaku memiliki karakteristik dapat bersinergi dengan hidrokoloid lainnya. Sinergi antara konjac manan dan xanthan akan membentuk gel elastis dan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan gel konjak mannan-karagenan dan campuran konjac mannan-agar. Selain itu, konjac mannan memiliki karakteristik yang unik karena menghasilkan viskositas setinggi 25.000 cP untuk larutan 1%, viskositas tertinggi yang pernah dilaporkan untuk gum. Gel konnyaku juga stabil terhadap pH dan panas, dan tidak seperti xanthan gum dan memiliki tekstur dan aliran yang lebih halus.

Konnyaku menghasilkan *film* yang kuat. Grup asetil ester akan memberikan konnyaku muatan negatif yang sedikit dan hambatan sterik yang lebih besar daripada gugus hidroksil, dan pada tingkat tertentu hal ini mempengaruhi struktur *film*. Penghilangan gugus asetil ester akan memperkuat hubungan antar molekul konnyaku, sehingga akan membentuk gel dan *film* yang lebih kuat. Hal tersebut bila dikombinasikan dengan berat molekul yang tinggi dan sifat non ioniknya, akan menjadikan konnyaku

polimer yang baik untuk *edible film dan coating*. Namun kelemahan dari konnyaky adalah terlalu kental, sehingga perlu digunakan pada konsentrasi tertentu agar menghasilkan *edible film dan coating* yang baik.

2.1.14 Pullulan

Pullulan merupakan polisakarida ekstraseluler yang larut dalam air. Pullulan diproduksi oleh jamur polimorfik *Aureobasidium pullulans* jenis tertentu, yang sebelumnya dikenal sebagai *Pullularia pullulans*. Pullulan dikarakterisasi sebagai polimer linear dari sub unit maltotriosa (glukosa yang dihubungkan dengan ikatan α -(1-4)) yang dihubungkan melalui ikatan α -(1-6)-glikosidik.



Gambar 2.21 Pullulan dan struktur molekul pullulan (pinterest.com; Nieto, 2009)

Adanya ikatan α -(1-6) yang teratur menghancurkan struktur pullulan dan mengganggu apa yang seharusnya menjadi rantai amilosa pati linier. Pola unik dari ikatan α -(1-6) antara sub unit maltotriose memberikan sifat fisik yang khas pada polimer pullulan, seperti fleksibilitas dan kelarutan air yang tinggi sehingga menghasilkan pullulan memiliki karakteristik pembentuk *film* yang berbeda. *Film* berbasis pullulan menyerupai polimer sintetik tertentu, seperti plastik yang berasal dari minyak bumi dan memiliki karakteristik fungsional unik sebagai berikut: (1) impermeabilitas oksigen berbeda dengan film polisakarida lainnya; (2) dapat dimakan dan biodegradable, meskipun lebih mahal dari plastik; dan (3) sangat larut dalam air.

Jika dibandingkan dengan gum Arab, tidak ada percabangan dalam struktur pullulan. Oleh karena itu, rantai polimer masih dapat mengasosiasikan dan membentuk *film* yang jauh lebih kuat daripada gum arab, bahkan jika hampir setiap ikatan glikosidik ketiga dalam pullulan adalah ikatan (1-6) yang menyerupai substitusi. Pullulan menghasilkan *film* yang memiliki sifat bening, sangat tahan oksigen dan memiliki sifat mekanik yang sangat baik.

2.2 Protein

Pada kondisi alamnya, protein umumnya berada dalam kondisi protein berserat (*fibrous*) yang tidak larut air dan berperan sebagai bahan utama penyusun struktur jaringan hewan, atau protein globular yang terlarut dalam air atau larutan asam, basa atau garam dan memiliki fungsi yang beragam dalam sistem kehidupan organisme. Protein berserat umumnya memanjang dan berkaitan satu dengan lainnya dalam struktur paralel melalui ikatan hidrogen untuk membentuk serat. Protein globular melipat menjadi struktur membulat yang rumit yang berikatan dengan kombinasi berbagai ikatan seperti ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik dan kovalen (disulfida). Sifat fisika dan kimia dari protein bergantung pada jumlah relatif komponen residu asam amino dan letaknya dalam rantai polimer protein. Beberapa protein globular seperti gluten gandum, zein jagung, protein kedelai, dan protein whey telah diteliti mengenai sifat *film* yang dimilikinya. Protein *film* umumnya terbentuk dari larutan atau dispersi protein yang berperan sebagai pelarut atau *carrier* yang dapat menguap. Pelarut yang digunakan biasanya hanya terbatas pada air, ethanol, atau campuran ethanol-air.

Protein harus terlebih dahulu didenaturasi dengan panas, asam, basa, dan/atau pelarut untuk mendapatkan struktur yang lebih memanjang yang dibutuhkan untuk pembentukan *film*. Ketika dibuat memanjang, rantai protein dapat saling berkaitan melalui ikatan hidrogen, ionik, hidrofobik, dan kovalen. Interaksi rantai-rantai yang menghasilkan *film* bersifat kohesif karena dipengaruhi oleh derajat pemanjangan rantai dan urutan residu asam amino. Distribusi seragam dari gugus polar, hidrofobik, dan/atau thiol sepanjang rantai polimer dapat meningkatkan kemampuan interaksi tersebut. Interaksi rantai ke rantai polimer yang meningkat dapat menghasilkan *film* yang lebih kuat namun kurang fleksibel dan kurang permeabel terhadap gas, uap dan cairan. Polimer yang mengandung gugus yang dapat berikatan melalui ikatan hidrogen atau ionik akan menghasilkan *film* yang memiliki karakteristik *barrier* terhadap oksigen yang baik namun rentan terhadap uap air. Dengan demikian, *coating* berbasis protein diharapkan dapat menjadi penghalang oksigen yang baik pada kondisi kelembaban yang rendah. Berbagai jenis protein dapat digunakan untuk *edible film*, seperti gelatin, kasein, protein whey, *zein* jagung, *gluten* gandum, protein kedelai, protein kacang hijau, dan protein kacang tanah.

2.2.1 Isolat Protein Kedelai (IPK)

Kacang kedelai (*soybean*) merupakan sumber protein nabati yang paling digemari karena kandungan proteinnya yang tinggi, namun harganya lebih terjangkau. Kedelai juga mempunyai manfaat bagi orang yang memiliki *lactose intolerance*. Selain itu, kacang kedelai juga mengandung antioksidan yang dapat menangkal radikal bebas. Protein kedelai adalah protein nabati lengkap yang berkualitas karena berisi semua asam amino esensial, cocok dijadikan sebagai sumber protein dan alternatif produk hewani untuk vegetarian murni atau untuk yang menderita *lactose intolerance*.

Kandungan protein kedelai yaitu 38%-44%, jauh lebih tinggi daripada kandungan protein biji-bijian sereal yang sekitar 8%-15%. Sebagian besar protein dalam kedelai tidak larut dalam air tetapi larut dalam larutan garam netral encer. Dengan demikian, protein kedelai termasuk dalam klasifikasi globulin. Protein kedelai bersifat globular dan selanjutnya diklasifikasikan menjadi fraksi 2S, 7S, 11S, dan 15S menurut tingkat sedimentasi relatif. Komponen utama adalah fraksi 7S (*conglycinin*) dan 11S (*glycinin*), yang keduanya memiliki struktur kuaterner (sub unit). Protein kedelai mengandung

² residu asparagin dan glutamin yang tinggi. Baik *conglycinin* dan *glycinin* adalah protein yang terlipat dengan erat. Sementara tingkat hubungan silang disulfida *conglycinin* yang terbatas karena hanya dua hingga tiga kelompok sistein per molekul, dimana *glycinin* mengandung 20 ikatan disulfida intramolekul. Alkali dan pemanasan keduanya ³ menyebabkan disosiasi dan berlangsungnya *glycinin* akibat pembelahan ikatan disulfida.

Isolat protein kedelai merupakan salah satu hasil isolasi protein dari kedelai yang paling murni dengan ³ kadar protein minimum sebesar 95% (persen berat kering). Produk ini hampir bebas dari molekul yang tidak dikehendaki seperti asam fitat dan sifat fungsionalnya jauh lebih baik dibandingkan dengan produk kedelai lainnya. Pada prinsipnya, isolat protein kedelai dibuat dengan membuang setengah karbohidratnya dan sebagian mineralnya sehingga dihasilkan isolat protein kedelai berbentuk tepung halus dan hampir bebas dari karbohidrat, serat, dan lemak.



Gambar 2.22 Isolat Protein Kedelai (Sumber: indiamart.com)

Isolat protein dibuat melalui beberapa tahap, yaitu ³ ekstraksi protein dan tepung kedelai bebas lemak dan air, pemisahan serat kasar, pemisahan dengan asam, pemisahan dari fraksi yang larut, netralisasi dan pengendapan dengan *spray drier*.

Sifat-sifat fungsional protein dapat diklasifikasi dalam tiga kelompok yaitu:

1. Sifat hidrasi (interaksi protein-air) seperti daya ikat air, kebasahan, *swelling*, daya lekat, kekentalan dan kelarutan.
2. Sifat yang berhubungan dengan interaksi protein-protein seperti pembentukan gel.
3. Sifat sifat permukaan seperti tegangan permukaan, emulsifikasi dan pembentukan buih.

Sifat-sifat fungsional protein seperti daya ikat air, emulsifikasi, kekentalan dan kemampuan membuat gel atau *film* berpotensi untuk dimanfaatkan dalam industri pangan sebagai *edible coating* untuk berbagai jenis bahan pangan.

Gel adalah agregasi akibat interaksi antara polimer-polimer dan polimer-pelarut saat gaya tarik-menarik dan tolak-menolak seimbang sehingga terbentuk matriks yang dapat menarik air dalam jumlah besar. Gel pada protein dapat terbentuk dengan adanya pemanasan dan penambahan kapur. Waktu dan suhu pemanasan pembentukan gel akan menurun dengan meningkatnya konsentrasi protein. Pemanasan membantu terjadinya depolimerisasi protein kedelai dengan menghancurkan struktur protein dengan melepaskan grup sulfhidril dan grup hidrofobik. Untuk pembentukan lapisan *film* pada permukaan dibutuhkan pemanasan pada suhu 60°C dan kondisi alkali (pH 6,1-10,2). *Film* berbasis isolat protein kedelai yang memiliki kekuatan tarik maksimum terbentuk pada pH optimum 8-10.

Coating berbasis protein kedelai memiliki *barrier* terhadap uap air yang buruk karena sifat hidrofiliknya. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk meningkatkan sifat *barrier* uap air yaitu dengan menggabungkan dengan senyawa hidrofobik seperti lipid pada *edible coating* berbasis protein kedelai. Selain itu, cara lain untuk meningkatkan sifat-sifat *coating* berbasis protein kedelai adalah dengan memodifikasi jaringan protein melalui ikatan silang rantai protein.

Coating berbasis isolat protein kedelai yang dilapisi pada kacang dapat mengurangi penurunan kualitas lemak. Selain itu *coating* berbasis isolat protein kedelai dapat mengurangi oksidasi lipid yang ditunjukkan oleh penurunan nilai asam tiobarbiturat dan heksanal serta efektif dalam mengurangi kehilangan uap air, untuk daging yang dilapisi dibandingkan dengan daging yang tidak dilapisi.

2.2.2 Protein whey

Whey merupakan bagian dari susu cair yang sebagian besar terdiri dari air dan beberapa zat terlarut yang terpisah dari *curd*. Protein whey diperoleh karena adanya penambahan enzim rennet mengandung kaseinomakropeptida sebagai hasil reaksi kimosin pada k-kasein. Protein whey juga diketahui kaya akan sistein dan methionin yang merupakan asam amino penting untuk sintesa glutathionine. Protein whey tersusun dari laktalbumin, laktalbumin, immunoglobulin, serum albumin dan fraksi kompleks

proteosa pepton. Protein whey mengandung sekitar 7% padatan. Secara umum padatan tersebut terdiri dari 13% protein, 75% laktosa, 8% mineral sekitar 3% asam organik dan kurang dari 1% lemak. Protein whey ini biasa digunakan sebagai bahan tambahan pangan untuk produk minuman khusus atlet.



Gambar 2.23 Whey Protein (Sumber: vegetarian.lovetoknow.com)

Protein whey dapat menghasilkan *coating* yang bersifat transparan, lunak, fleksibel, tidak berbau, tidak berwarna, dan dapat menahan aroma dari produk pangan yang dilapisinya. *Coating* dengan bahan dasar protein whey distabilkan oleh ikatan disulfida dan tidak mudah larut dalam air. Meskipun begitu, *coating* tersebut mempunyai sifat hidrofilik yang tinggi, sehingga *coating* dari protein whey kurang mampu mempertahankan penguapan air dari produk yang dilapisinya. Kelemahan ini dapat diatasi dengan perlakuan pemanasan menggunakan suhu di atas 65°C.

Adanya pemanasan pada suhu 90°C dapat mendenaturasi protein whey sehingga akan memicu gugus sulfhidril internal membentuk ikatan disulfida intermolekuler. Ikatan disulfida intermolekuler ini berperan dalam pembentukan struktur *coating* sehingga protein whey tidak mudah larut dan integritas *coating* serta produk pangan yang dilapisinya dapat terjaga. Pada saat terjadinya gelatinisasi protein whey, rantai asam amino terurai selama pemanasan dan ikatan intramolekuler disulfidanya akan terbongkar. Ketika ikatan ini rusak terjadi persilangan baru dari rantai disulfida dan akan berikatan dengan rantai protein yang lain untuk membentuk struktur *coating*. Adanya proses denaturasi dengan suhu di atas 65°C akan membuka struktur β -laktoglobulin, memunculkan gugus sulfidril dan hidrofobik, dan memicu terjadinya oksidasi dari sulfidril bebas, ikatan disulfida intramolekuler, dan ikatan hidrofobik. Proses denaturasi

ini juga akan membuka struktur α -laktalbumin untuk mendapatkan tambahan ikatan disulfida intramolekuler.

Kelemahan dari *coating* berbasis protein whey dengan pemanasan di atas 65°C yaitu mudah mengalami keretakan dalam masa penyimpanan, sehingga perlu ditambahkan *plasticizer* untuk mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas *coating*. *Plasticizer* yang biasa digunakan adalah poliols dan mono, di dan oligosakarida, gliserol dan sorbitol.

Permen coklat yang dilapisi *coating* berbasis protein whey dapat meningkatkan kualitasnya karena menghasilkan permen coklat dengan permukaan bening dan mengkilau, dengan adanya penambahan sukrosa sebagai *plasticizer*, permukaan permen akan semakin mengkilau. Kacang yang dilapisi dengan protein whey umur simpannya meningkat hingga 273 hari dibandingkan kacang yang tidak dilapisi umur simpannya hanya 136 hari.

2.2.3 Kasein

Kasein adalah golongan protein yang paling sering ditemukan di dalam susu. Kasein berasal dari bahasa Latin, "Caseus", yang artinya keju (*cheese*). Kasein adalah nama golongan protein fosfoprotein. Protein paling sering ditemukan di dalam susu mamalia, sekitar 80% protein susu sapi adalah kasein dan sekitar 60 dan 65% adalah protein dalam ASI. Kasein memiliki manfaat luas yang merupakan komponen dalam keju yang paling banyak. Kasein digunakan sebagai makanan tambahan. Sebagai sumber makanan, kasein mensuplai asam amino, karbohidrat, dan dua elemen inorganik, kalsium dan fosfor. Kasein ditemukan dalam susu sebagai suspensi partikel yang disebut misel kasein dan juga produk harian lainnya seperti keju, yogurt, es krim dan lain-lain. Istilah misel telah diterapkan pada fase susu yang terdispersi, yaitu kompleks kasein-protein.

Komponen protein kasein dari susu terdiri dari protein yang berbeda, yang memiliki fungsi berbeda walaupun tidak memiliki struktur sekunder dan tersier yang terdefinisi dengan baik. Kasein terdiri dari tiga komponen utama, yaitu α , β dan κ yang bersama-sama membentuk misel koloid dalam susu yang mengandung sejumlah besar molekul kasein dan distabilkan oleh jembatan kalium fosfat. Molekul kasein memiliki sedikit struktur sekunder yang terdefinisi sehingga menunjukkan struktur koil acak yang terbuka. Kasein yang terdiri dari 80% protein susu, mengendap ketika susu skim

berbasis kasein/glisерol memiliki kekuatan tarik yang baik dan elastisitas sedang, tetapi keberadaan gliserol mempengaruhi sifat penghalang *coating* kasein.

Beberapa masalah perlu dipecahkan sebelum *coating* berbasis kasein dapat dikomersialkan secara luas, yaitu:

1. Kasein sangat sensitif terhadap kelembaban. *Coating* berbasis kasein dengan mudah menyerap dan melepaskan molekul air, yang bekerja sebagai *plasticizer* dan sangat mempengaruhi sifat mekanik *film*, dan sebagian besar larut dalam air, yang membatasi jangkauan pemanfaatannya.
2. *Coating* berbasis dari kasein/glisерol tidak dapat menyediakan keduanya kekuatan mekanik yang tinggi dan elastisitas yang tinggi, seperti *film* sintetik.
3. Membutuhkan biaya tinggi, sumber bahan baku yang terbatas, dan prosedur pembuatan yang rumit juga dapat menyebabkan pembuatannya masih banyak masalah.

Coating berbasis kasein dibuat dari larutan encer tanpa perlakuan panas karena sifat koilnya yang acak. Interaksi dalam matriks *coating* mencakup ikatan hidrofobik, ionik, dan hidrogen. *Coating* berbasis kasein bersifat transparan dan fleksibel, tetapi memiliki sifat penghalang air yang buruk. Sodium kaseinat (NaCas) efektif digunakan sebagai *edible coating* karena dapat memberikan nilai tambah nutrisi yang tinggi, rasa yang enak, menunjukkan sifat fungsional yang sangat baik dan memiliki kemampuan membentuk film yang baik. Pada kondisi pengujian yang sebanding, *coating* kasein memiliki *barrier* uap air yang sama dengan *coating* gluten gandum dan *coating* protein kedelai, tetapi memiliki *barrier* uap air yang lebih buruk daripada *coating* zein jagung.

2.2.4 Gelatin

Gelatin merupakan senyawa turunan protein yang dihasilkan dari serabut kolagen jaringan penghubung yang dihidrolisis secara asam ataupun basa. Sumber penghasil gelatin antara lain tulang yang terdemineralisasi dan kulit yang telah dihilangkan lemak serta rambutnya. Sumber utama gelatin berasal dari kulit babi yang dihidrolisis dengan asam hipoklorit dan kulit sapi yang dihidrolisis secara basa dengan kalsium hidroksida. Gelatin adalah protein yang terekstraksi setelah proses hidrolisis parsial dari senyawa kolagen pada kulit maupun tulang binatang. Senyawa gelatin ini merupakan suatu polimer linier asam amino. Gelatin merupakan suatu senyawa amfoter ditinjau dari

struktur kimianya, yang merupakan suatu polipeptida asam amino. Muatan gugus fungsional asam amino dapat berubah positif atau negatif, tergantung dari media di sekitarnya.



Gambar 2.25 Gelatin (Sumber : indiamart.com)

Gelatin memiliki beberapa sifat, yaitu dapat berubah secara reversibel dari bentuk sol ke gel, membengkak atau mengembang dalam air dingin, dapat membentuk *film*, mempengaruhi viskositas suatu bahan dan dapat melindungi sistem koloid. Secara fisik gelatin dapat berbentuk bubuk, pasta maupun lembaran gelatin. Gelatin yang berbentuk lembaran dan butiran sebelum digunakan harus direndam terlebih dahulu, sedangkan gelatin yang berbentuk bubuk dapat langsung digunakan. Produk gelatin yang murni mempunyai sifat tidak berasa, tidak berbau dan warnanya sedikit kuning. Pada suhu sekitar 40°C, larutan gelatin berada dalam keadaan sol dan membentuk padatan, gel bersifat termoreversibel pada pendinginan. Selama gelasi, rantai menjalani transisi kelainan urutan konformasi dan cenderung memulihkan struktur triple-helix kolagen.

Gelatin terdiri dari urutan asam amino yang unik. Karakteristik tampilan gelatin adalah tinggi kandungan asam amino glisin, prolin dan hidroksiprolin. Gelatin mengandung 19 asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida membentuk rantai polimer yang panjang. Komposisi asam amino gelatin bervariasi tergantung pada sumber kolagen, spesies hewan penghasil dan jenis kolagen.

Film gelatin dapat dibentuk dari 20-30% gelatin, 10-30% plasticizer (gliserin atau sorbitol) dan 40-70% air diikuti oleh pengeringan gel gelatin. Gelatin digunakan untuk mengenkapsulasi bahan makanan dan obat-obatan fase kelembaban rendah atau minyak. Enkapsulasi dapat memberikan perlindungan terhadap oksigen dan cahaya, serta menentukan jumlah bahan atau dosis obat. Selain itu, gelatin telah digunakan

sebagai *coating* pada daging untuk mengurangi oksigen, uap air dan transportasi minyak. Namun, *coating* berbasis gelatin seperti kebanyakan *coating* berbasis protein, tidak memiliki penghalang uap air yang ideal sehingga membatasi aplikasinya sebagai *edible coating/film* dan biomaterial. Namun, modifikasi jaringan polimer melalui ikatan silang rantai polimer dapat diterapkan untuk meningkatkan fungsi *coating* berbasis protein.

2.2.5 Kolagen

Kolagen merupakan komponen utama dari kulit, tendon dan jaringan ikat dan merupakan protein berserat yang paling umum dan tersebar luas pada jaringan tubuh dimana sekitar sepertiga dari total protein tubuh merupakan kolagen. Ada berbagai jenis kolagen, setiap jenis memiliki urutan asam amino sendiri, tetapi semua mengandung sejumlah besar struktur *triple* heliks. Karena sifat biologisnya dan ketersediaannya yang banyak, kolagen tipe I banyak digunakan sebagai biomaterial.



Gambar 2.26 Kolagen (Sumber: naturesway.com.au)

Kolagen dapat diekstrak sebagian oleh asam atau enzim sehingga dapat digunakan dalam pembuatan *edible film* atau *coating*. Kolagen memiliki keuntungan yaitu biokompatibel dan tidak beracun bagi sebagian besar jaringan, memiliki sifat struktural, fisik, kimia, dan imunologi yang baik, dapat diproses menjadi berbagai bentuk dan mudah diisolasi serta dimurnikan dalam jumlah besar.

Pembuatan *film* kolagen dari kulit binatang dapat dilakukan menggunakan proses kering atau basah. Baik proses kering maupun basah memiliki kesamaan tahap, yaitu perawatan alkali untuk menghilangkan rambut dan menghilangkan kolagen dari karbohidrat dan protein lainnya, pembengkakan dalam kondisi asam dan homogenisasi

untuk membentuk 4,5% gel (proses basah) atau 10% gel (proses kering), ekstrusi ke dalam tabung; dan netralisasi tabung yang diekstrusi, mencuci tabung garam, mengolah tabung dengan *plasticizer* dan *cross-linker* serta mengeringkan hingga kelembaban sekitar 12-14% (urutan tergantung pada apakah proses basah atau kering digunakan).

Film berbasis kolagen yang dilarutkan dapat digunakan sebagai *casing* sosis yang dapat dimakan. *Casing* sosis digunakan dalam produksi sosis untuk menahan adonan daging bersama-sama sampai panas diatur untuk mendapatkan bentuk dan ukuran yang diinginkan. *Coating* berbasis kolagen juga dapat mengurangi susut bobot dan meningkatkan kesegaran dari daging yang dilapisinya.

2.2.6 Zein Jagung

Jagung merupakan sumber karbohidrat dan sekaligus sumber protein, terutama bagi masyarakat yang pangan pokoknya berbasis jagung. Kandungan protein jagung cukup tinggi yaitu 8-11%, namun kualitas protein jagung pada umumnya jauh dibawah kualitas protein beras. Hal ini disebabkan karena protein jagung kekurangan dua asam amino, yaitu lisin dan triptofan.



Gambar 2.27 Zein Jagung (Sumber : indiamart.com)

Fraksi prolamin pada jagung dikenal sebagai zein. Zein dibagi menjadi 2 fraksi yaitu α -zein (80%) yang larut dalam 95% etanol dan β -zein yang terdiri dari oligomer dengan berat molekul tinggi. α -zein terdiri atas monomer-monomer dan rangkaian oligomer dengan ikatan disulfida yang berat molekulnya bervariasi. Zein merupakan protein jagung yang larut dalam alkohol dan berfungsi sebagai emulsifier. Zein diperoleh dari glutein yang merupakan hasil samping penggilingan jagung cara basah.

Zein merupakan senyawa yang relatif hidrofobik dan termoplastik. Sifat hidrofobik

pada zein terkait dengan tingginya kandungan asam amino non-polar. Zein mempunyai karakteristik yang unik dibandingkan dengan protein lainnya yang biasa digunakan untuk pembuatan *film* dan *coating* karena mengandung banyak asam amino non-polar dan sedikit asam amino biasa. Tiga asam amino primer yang terdapat pada zein adalah glutamin (21-26%), leusin (20%) dan prolin (10%). Bila zein dipanaskan dengan pati pada suhu lebih besar dari 60°C, campuran tersebut akan menjadi suatu adonan dan mempunyai sifat *viscolatine*.

Zein memiliki sifat pembentukan *film* yang sangat baik dan dapat digunakan sebagai bahan pembuatan *edible coating* dan *film*. Zein dapat menghasilkan *film* yang kaku, mengkilap, tahan lecet dan tahan lemak. *Film* dari zein terbentuk karena adanya ikatan hidrofobik, hidrogen dan disulfida yang terbatas antara rantai zein karena rendahnya kandungan sistin dan zein. *Coating* berbasis zein dapat dibentuk dengan mengeringkan zein yang dilarutkan dalam etanol. *Coating* yang dihasilkan bersifat rapuh sehingga membutuhkan penambahan *plasticizer* untuk meningkatkan fleksibilitas seperti gliserin dan asam lemak.

Coating berbasis zein dapat mengurangi penguapan air dengan baik dibandingkan dengan *edible coating* lainnya. Sifat ini dapat ditingkatkan dengan adanya penambahan asam lemak atau dengan menggunakan *cross-linking reagent*. *Coating* berbasis zein juga mampu untuk mengurangi penguapan air dan kekerasan serta dapat menunda perubahan warna (mengurangi transmisi oksigen dan karbondioksida) pada tomat segar.

2.2.7 Gluten Gandum

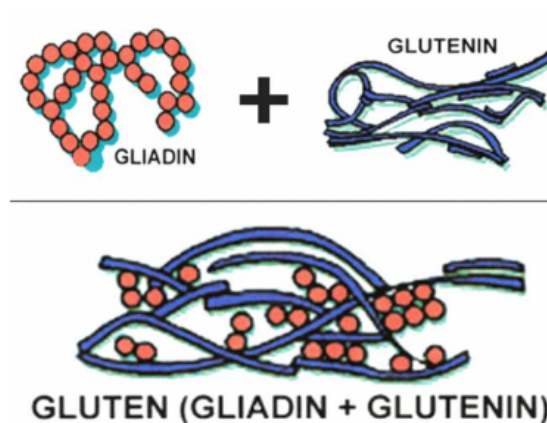
Gluten adalah suatu protein yang berasal dari gandum. Semua gandum seperti *barley*, *rye*, *spelt* dan persilangan antara gandum dan *rye* yang disebut *triticale* adalah bahan yang mengandung gluten. Gluten merupakan kompleks yang terdiri dari kombinasi molekul gliadin dan glutenin polipeptida dengan beberapa komponen lipid dan karbohidrat. Jenis protein yang terdapat pada gandum adalah albumin, globulin, prolamin, gliadin dan glutenin. Kadar gliadin dan glutenin yaitu sekitar 8%. Apabila gliadin dan glutenin ini membentuk adonan yang kuat dengan penambahan air dan garam maka dinamakan protein gluten.



Gambar 2.28 Gluten Gandum (Sumber : indiamart.com)

Gliadin dan glutenin berbeda dalam ciri fisik, khususnya sifat viskoelastisitasnya. Gliadin bersifat kohesif tetapi memiliki elastisitas yang rendah sementara glutenin bersifat kohesif dan elastis. Selain itu, gliadin larut dalam etanol 70%, sedangkan glutenin tidak larut. Glutenin tersusun atas rantai polipeptida tunggal yang diikat oleh ikatan disulfida intermolekuler. Glutenin dapat dikelompokkan menjadi dua sub unit berdasarkan berat molekul yaitu sub unit dengan berat molekul antara 100 kDa – 140 kDa (*High Molecular Weight*) dan sub unit dengan berat molekul kurang dari 100 kDa (*Low Molecular Weight*).

Meskipun tidak larut dalam air, gluten gandum larut dalam larutan dengan pH tinggi atau rendah pada kekuatan ionik yang rendah. Gluten memiliki sifat penting ketika ditambahkan dengan air dan dengan adanya kerja mekanik akan membentuk adonan yang elastis. Gluten adalah massa kenyal dan lengket yang menyatukan komponen-komponen roti lain seperti pati dan gelembung gas.



Gambar 2.29 Struktur Gluten Gandum (kswheat.com)

Untuk membuat *edible coating*, gluten gandum dapat dilarutkan dalam larutan etanol kemudian dikeringkan. Adanya pembelahan ikatan disulfida selama pemanasan larutan dan adanya pembentukan ikatan disulfida baru selama proses pengeringan diyakini penting untuk membentuk struktur *coating* gluten gandum bersamaan dengan ikatan hidrogen dan hidrofobik. Penambahan *plasticizer* seperti gliserin diperlukan untuk meningkatkan fleksibilitas *coating*. *Coating* berbasis gluten gandum memiliki permeabilitas air yang tinggi tetapi bagus untuk menghambat oksigen dan karbondioksida. Namun, apabila menambahkan sorbitol untuk meningkatkan fleksibilitas *coating* akan mengurangi kekuatan, elastisitas dan sifat penghalang uap air pada *coating*. Gluten dengan kemurnian yang lebih besar akan menghasilkan *coating* yang lebih kuat dan lebih jelas.

Ketika gluten digunakan sebagai *coating* pada telur berkualitas kelas A, telur memiliki umur simpan selama 30 hari. Kekuatan tarik *film* berbasis gluten dapat ditingkatkan dengan menggunakan agen *cross-linking* seperti glutaraldehid, atau curing pada suhu 80°C. Pochat-Bohatier *et al.* (2005) melakukan penelitian terhadap pengaruh kelembaban relatif pada penyerapan karbon dioksida dalam *film* berbasis gluten gandum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa permeabilitas didasarkan pada peningkatan kelarutan dan difusi CO₂ dengan peningkatan kelembaban (RH). Peningkatan kadar air gluten gandum akan meningkatkan afinitas antara karbon dioksida dan matriks protein, yang mengarah ke nilai penyerapan yang luar biasa untuk RH yang tinggi.

2.3 Lipid

Lipid merupakan senyawa non heterogen yang terdiri dari asam lemak dan turunannya, lemak netral (trigliserida), fosfolipid serta sterol. Lipid memiliki gugus fungsional karboksil (-COOH) atau ester (-COOR). Lipid bersifat tidak larut dalam air (hidrofobik) tetapi larut dalam pelarut non polar seperti eter, aseton, dan lain sebagainya. Lipid bersifat hidrofobik, sehingga lipid dapat digunakan untuk pembuatan *edible coating* tergantung dari jenis lipid, struktur kimia, kepolaran, hidrofobik atau tidak, bentuk fisik, dan interaksinya dengan komponen lain. *Edible coating* berbasis lipid baik digunakan sebagai penghambat perpindahan uap air dan untuk meningkatkan kilap pada produk pangan.

2.3.1 Lilin

Penggunaan lilin pada produk pangan telah diatur dalam peraturan kepala BPOM No.12 tahun 2013 tentang batas maksimum penggunaan bahan tambahan *coating* dengan beberapa jenis lilin yang layak sebagai *coating*. Bahan tambahan *coating* merupakan bahan tambahan pangan yang digunakan untuk melapisi permukaan bahan pangan sehingga memberikan efek perlindungan, membuat tampilannya mengkilap dan menarik perhatian konsumen.

Coating berupa lilin ditemukan secara alami pada permukaan buah dan sayuran, dimana dengan adanya *coating* tersebut dapat membantu mencegah penguapan air terutama pada musim dengan udara yang kering. Lilin berfungsi sebagai *barrier* uap air yang baik, hal ini disebabkan karena lilin bersifat sangat hidrofobik akibat tingginya rantai alkohol asam lemak yang panjang dan alkana. Parafin, carnauba, *beeswax*, dan candelilla telah digunakan untuk melapisi produk pangan, baik itu digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan bahan *coating* lainnya.

2.3.1.1 Lilin Carnauba

Lilin carnauba adalah lilin sayuran alami yang merupakan eksudat dari daun pohon palem (*Copoernica cerifera*) yang dikenal sebagai "pohon kehidupan". Secara komersial, lilin carnauba banyak digunakan dalam industri kosmetik, perawatan tubuh, makanan, farmasi, otomotif dan lainnya.

Lilin carnauba biasanya berbentuk serpihan berwarna kuning-coklat dan keras. Lilin carnauba mengandung ester alifatik (40%), diester asam 4-hidroksisinamat (21%), asam ω -hidroksikarboksilat (13%) dan alkohol asam lemak (12%). Sebagian besar komponen senyawa ini berasal dari asam dan alkohol pada kisaran rantai nomor C26-C30. Ciri khas lilin carnauba adalah mengandung diester yang tinggi serta asam metoksisinamat. Lilin carnauba memiliki titik leleh yang jauh lebih tinggi daripada lilin-lilin lainnya, yaitu 78-85°C. Lilin carnauba termasuk dalam kriteria GRAS, relatif permeabel terhadap gas dan dalam bentuk mikroemulsi, cukup mengkilap.



Gambar 2.30 Lilin Carnauba (indiamart.com)

Lilin carnauba biasa digunakan sebagai bahan tambahan untuk lilin lain untuk meningkatkan sifat keras dan kilap. Kekurangan dari lilin carnauba ini yaitu kilapnya dapat menghilang selama proses penyimpanan, yang mengakibatkan lilin carnauba tidak efektif dalam menunda proses pematangan. Selain itu, *edible coating* dari lilin carnauba akan berubah menjadi warna putih apabila terjadi kontak dengan air. Namun lilin carnauba merupakan penghalang uap air yang sangat baik, dan dapat dikombinasikan dengan *shellac* untuk membuat lapisan dengan permeabilitas terhadap gas yang sedang dan permeabilitas terhadap uap air yang rendah.

2.3.1.2 Lilin Candelilla

Lilin Candelilla didapatkan dari tanaman candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) yang tumbuh secara normal di lingkungan gurun terutama di tanah yang kaya akan kalsium dan berasal dari zona kering seperti Meksiko dan Amerika Serikat bagian barat daya. Lilin candelilla diekstraksi dari tanaman menggunakan air mendidih kemudian ditambahkan dengan asam sulfat untuk melepaskan lilin. Lilin cair kemudian disaring dan dibiarkan mengeras.



Gambar 2.31 Lilin Candelilla (Sumber: bayhousearomatics.com)

Lilin candelilla berwarna kuning kecoklatan, keras, rapuh, berkilau dan saat dipanaskan akan mengeluarkan bau aromatik. Lilin candelilla memiliki rantai n-alkana bernomor ganjil (C29 hingga C33), ester asam dan alkohol dengan rantai bernomor genap (C28-C34). Selain itu, dalam lilin candelilla pun terdapat asam bebas, alkohol bebas, sterol, resin netral dan mineral. Titik leleh dari lilin candelilla ini sekitar 68,5-72,5°C, lebih rendah dari lilin carnauba.

Coating berbasis lilin candelila pada jeruk bali menghasilkan kilap yang baik. Untuk menambah kilap, dapat ditambahkan mikroemulsi berbasis amonia dan penambahan gelatin hingga 25% atau hidroksipropil metilselulosa, yang juga dapat menurunkan permeabilitas oksigen dan uap air serta tidak ada peningkatan kandungan etanol pada jeruk bali pada penyimpanan selama 1 minggu pada suhu 22°C.

2.3.1.3 Lilin Parafin

Parafin adalah nama umum untuk hidrokarbon alkana dengan struktur kimia C_nH_{2n+2} , dengan jumlah n sekitar 20-40. Bentuk padat dari parafin disebut lilin parafin, berasal dari molekul terberat mulai dari $C_{20}H_{42}$ hingga $C_{40}H_{82}$. Parafin merupakan hasil sulingan minyak bumi mentah yang terdiri dari campuran hidrokarbon padat yang tersusun atas rantai hidrokarbon yang lurus, berwarna putih atau tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Parafin akan lunak pada suhu sekitar 37-55°C dan meleleh pada suhu 48-70°C serta rapuh dalam suhu ruang. Parafin merupakan senyawa non polar sehingga sukar larut dalam air, tetapi cenderung larut pada pelarut non polar seperti eter.



Gambar 2.32 Lilin Parafin (Sumber: alibaba.com)

Parafin diizinkan untuk digunakan pada makanan dan biasa digunakan sebagai *coating* pelindung pada buah-buahan mentah, sayuran dan keju, sebagai bahan dasar pembuatan permen karet dan *defoamer* serta sebagai komponen mikroenkapsulasi

flavor. Paraffin dapat memperpanjang umur simpan, berfungsi sebagai *barrier* uap air yang baik dan memperbaiki penampilan permukaan buah dan sayur. Kentang yang dilapisi dengan lilin parafin tidak mempengaruhi laju respirasi dari kentang tersebut, tetapi dapat mencegah kentang bertunas dan mengurangi sintesis klorofil (pigmen hijau) dan solanin (glikoalkaloid beracun).

2.3.1.4 Beeswax

Beeswax dihasilkan dari sarang lebah pekerja famili Apidae (*Apis mellifera L.*). Bagi lebah, *beeswax* umumnya digunakan untuk memperkokoh sarang hingga melindungi larva lebah. Sedangkan bagi manusia *beeswax* memiliki banyak manfaat dalam bidang kecantikan hingga *furniture*. Secara umum kebanyakan senyawa yang terdapat pada *beeswax* adalah palmitat, palmitoleat hingga oleat ester alkohol alifatik. Rumus kimia *beeswax* adalah $C_{15}H_{31}COOC_3OH_{61}$. *Beeswax* didapatkan setelah mengeluarkan madu dengan cara dikeringkan atau disentrifugasi. Sarang madu dicairkan dengan air panas, uap panas atau sinar matahari kemudian lilin yang meleleh disaring untuk mendapatkan *beeswax*.

Beeswax terdiri dari 2 macam yaitu *beeswax* kuning dan *beeswax* putih. *Beeswax* putih diperoleh dengan cara memutihkan *beeswax* kuning menggunakan zat pengoksidasi seperti hidrogen peroksida dan asam sulfat atau menggunakan sinar matahari. *Beeswax* kuning berwarna kuning atau coklat muda, rapuh dalam suhu dingin dan memiliki kenampakan yang kusam, bergranul, tidak berkrystal ketika dihancurkan dan memiliki aroma khas madu. *Beeswax* memiliki titik leleh sekitar 62-65°C.

Tabel 2.1 Kandungan *Beeswax*

Senyawa	Jumlah (%)
Hidrokarbon	14%
Triester	3%
Hidroksi Poliester	8%
Hidroksi Monoester	4%
Monoester	35%
Asam Ester	1%
Asam Poliester	1%
Diester	14%
Asam Lemak Bebas	12%
Lain-lain	6%



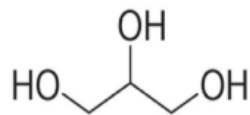
Gambar 2.33 *Beeswax* kuning (Sumber : alibaba.com)

Pada abad ke-12 dan ke-13, *beeswax* digunakan di Cina untuk melapisi buah jeruk untuk mencegah kehilangan uap air. Dengan adanya penambahan *beeswax* dengan konsentrasi lebih dari 30% pada *coating* berbasis polisakarida seperti pati dapat menurunkan permeabilitas uap air dan peningkatan permeabilitas oksigen. *Beeswax* juga digunakan untuk melapisi kismis sehingga dapat mengurangi penggumpalan dan lengket.

Beeswax telah digunakan dalam *coating* komposit (isolat protein whey, konsentrat protein whey, dan HMPC untuk mengawetkan buah-buahan utuh seperti plum dan buah-buahan yang diproses secara minimal, seperti irisan apel dan potongan kesemek. Dalam kebanyakan kasus, penurunan berat buah tidak dicegah dengan *beeswax*, dengan pengecualian plum dan potongan kesemek.

2.3.2 Gliserol

Gliserol adalah senyawa golongan alkohol polihidrat dengan 3 buah gugus hidroksil dalam satu molekul (alkohol *trivalent*). Rumus kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$ dengan nama kimia 1,2,3 propanatriol. Berat molekul gliserol adalah 92,1, massa jenis $1,23 \text{ g/cm}^3$ dan titik didihnya 209°C . Gliserol memiliki sifat mudah larut dalam air, meningkatkan viskositas larutan, mengikat air dan menurunkan A_w . gliserol dapat meningkatkan sorpsi molekul polar seperti air, berperan sebagai *plasticizer* dan konsentrasinya dapat meningkatkan fleksibilitas *film*. Gliserol adalah salah satu *plasticizer* (pemlastis) yang banyak digunakan dalam pembuatan *edible film* atau *coating*. Bahan kimia ini memiliki kenampakan jernih, kental, bersifat higroskopis dan berasa manis.



Gambar 2.34 Struktur molekul Gliserol (Sumber : fi.wikipedia.org)

Sintesis gliserol dalam tanaman terjadi melalui serangkaian reaksi biokimia. Pada reaksi sintesis ini fruktosa difosfat diuraikan oleh enzim aldose menjadi dihidroksi aseton fosfat yang selanjutnya direduksi menjadi alfa-gliserofosfat. Gugus fosfat kemudian dihilangkan melalui fosforilasi sehingga terbentuk gliserol.

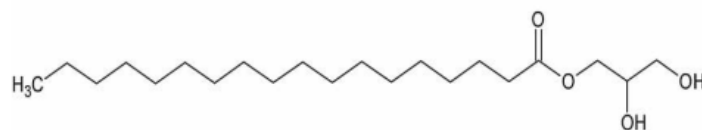
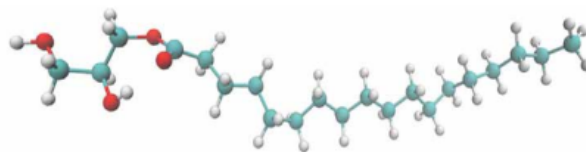
Sebagaimana alkohol polihidroksi yang lain, gliserol mempunyai sifat larut dalam air, mampu meningkatkan viskositas, mengikat air serta mampu menurunkan a_w . Penambahan gliserol pada suatu larutan bahan baku *edible film* dari protein akan menyebabkan terjadinya perubahan dalam matriks yang terbentuk. Gliserol akan masuk di antara rantai protein dan membentuk ikatan hidrogen dengan gugus amida dari protein. Akibatnya ikatan antar protein menjadi longgar yang menyebabkan gaya **antara molekul sepanjang rantai polimer menurun dan jarak antar molekul bertambah. Mobilitas rantai polimer meningkat sehingga fleksibilitas dan ekstensibilitas lapisan menjadi meningkat.** Selain itu gliserol juga mengikat air pada sisi aktif polimer sehingga meningkatkan *cluster* (butiran air) pada lapisan *film*. *Plasticizer* yang bersifat hidrofilik seperti gliserol biasanya akan meningkatkan permeabilitas uap air. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan dalam *edible coating* dari protein kedelai akan menghasilkan

pelapis yang semakin tebal, laju transmisi O_2 , CO_2 dan uap air yang semakin tinggi, kandungan protein yang tinggi dan kuat tarik serta persentase pemanjangan yang semakin rendah.

2.3.3 Gliseril Monostearat (GMS)

Gliseril monostearat merupakan jenis monogliserida yang banyak digunakan sebagai pengemulsi (*emulsifier*) pada produk pangan, kosmetik dan obat-obatan. GMS bersifat *edible*, tidak beracun, memiliki rasa yang dapat diterima konsumen, berbentuk padat dan berwarna putih atau krem. Sifat GMS yang lain adalah mencair pada suhu $58^{\circ}C$ sampai $59^{\circ}C$, memiliki bilangan iod 3-4 dan asam lemak bebas kurang dari 5%. Selain itu GMS dapat terdispersi dalam air panas, larut pada alkohol, minyak dan hidrokarbon.

GMS ($C_{17}H_{35}COOCH_2CHOHCH_2OH$) memiliki dua gugus yang tidak terionisasi, yaitu gugus hidrofilik dan hidrofobik. Gugus hidrofilik ($COOCH_2CH_2OH$) disebut juga gugus polar karena molekulnya cenderung mengarah ke pelarut polar seperti air, sedangkan gugus hidrofobik ($C_{17}H_{35}$) disebut gugus non polar, karena cenderung mengarah ke pelarut non polar seperti minyak atau pelarut organik lainnya.



Gambar 2.35 Struktur Gliseril Monostearat (GMS) (Sumber: Pimentel, et. al. 2016)

Seperti halnya jenis lemak lainnya, GMS dapat digunakan sebagai campuran bahan pembuat *coating*, karena sifat GMS yang mampu menahan uap air. Sifat *edible coating* berbasis GMS dalam menahan uap air disebabkan oleh relatif rendahnya polaritas GMS sehingga mampu membentuk jaringan molekul yang teratur dan padat setelah pendinginan. Berdasarkan penelitian Roth dan Loncin (1984) diketahui bahwa aplikasi GMS dengan ketebalan beberapa mikron sebagai *edible coating* tunggal dapat mengurangi kecepatan pengeringan gel agar sebesar 80%.

Keuntungan lain penambahan senyawa surfaktan seperti GMS pada bahan pembuat *film* atau *coating* adalah menurunkan nilai aktivitas air (a_w), mengurangi degradasi permukaan produk oleh mikroba, memudahkan pengaplikasian formula pada produk, dan *film* yang dihasilkan lebih fleksibel/tidak mudah pecah.

2.3.4 Shellac

Shellac merupakan resin (getah) yang dimurnikan dari sekresi serangga *Laccifer Lacca*. *Shellac* merupakan campuran kompleks dari senyawa polar dan non polar yang terdiri dari ester polihidroksi polikarboksilat, asam dan alkana. *Shellac* dianggap mempunyai 2 bagian yaitu bagian lipofilik dengan afinitas terhadap minyak dan bagian yang berinteraksi dalam pembentukan supramolekul. Karena *shellac* merupakan campuran kompleks ester lemak dan alkohol, *shellac* memiliki sifat lipofilik dan cenderung merubah diri menjadi koloid tergantung dari pelarutnya.



Gambar 2.36 Shellac (Sumber : en.wikipedia.org)

Dalam makanan, *shellac* digunakan sebagai bahan pengkilap pil dan permen. Selain itu *shellac* sering digunakan secara komersial sebagai *coating* untuk buah apel dan

jeruk karena dapat meningkatkan penampilan dari buah tersebut dengan menambah kenampakan *gloss*. Selain itu dapat juga untuk mencegah kehilangan air yang dapat menyebabkan buah keriput sehingga menurunkan daya jual serta dapat menjaga kualitas buah dengan menekan laju pematangan dan *senescence*. *Shellac* merupakan *coating* terbaik untuk buah apel, karena dapat menggantikan lapisan lilin alami pada apel yang hilang pada saat pembersihan. Tetapi apabila terkontak dengan air *shellac* akan memberikan warna putih pada produk pangan yang dilapisinya.

2.4 Komposit

Komposit merupakan perpaduan dari beberapa bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat masing-masing bahan penyusunnya untuk menghasilkan campuran baru dan unik, dibandingkan dengan sifat bahan dasarnya sebelum dikombinasikan. Komposit dalam *edible coating* dapat dalam lapisan satu-satu (*bilayer*) dimana satu lapisan merupakan hidrokoloid dan satu lapisan lain merupakan lipida, atau gabungan lipida dan hidrokoloid dalam satu kesatuan lapisan. Komposit yang digunakan untuk pembuatan *edible coating* adalah bahan yang didasarkan pada campuran hidrokoloid dan lipida.

Edible coating komposit (campuran) bersifat heterogen. Tujuan utama pembuatan *coating* komposit adalah untuk meningkatkan permeabilitas atau sifat mekanik. *Coating* heterogen ini diaplikasikan pada produk baik dalam bentuk emulsi, suspensi, atau dispersi konstituen yang tidak bercampur, atau dalam bentuk larutan dalam pelarut umum. Metode pengaplikasian *coating* mempengaruhi sifat *barrier* dari *coating* yang diperoleh. Penelitian yang sudah dilakukan adalah *edible film* emulsi dari metil selulosa dan asam lemak yang berfungsi untuk meningkatkan *barrier* uap air dari. Selain itu banyak penelitian yang sudah dilakukan, yaitu penggunaan lipid dan hidroksipropil metil selulosa, metil selulosa (MC) dan lipid, metil selulosa dan asam lemak, metil selulosa dan zein jagung, metil selulosa dan asam lemak, protein whey dan lipid, kasein dan lipid, gelatin dan pati larut, pati hidroksipropil dan gelatin, zein jagung dan pati jagung, gelatin dan asam lemak, isolat protein kedelai dan gelatin, serta isolat protein kedelai dan asam polilaktat.

Edible coating komposit *bilayer* menggabungkan sifat penghalang air pelapis lipid dengan karakteristik tidak berminyak dan permeabilitas gas yang baik dari *coating*

polisakarida. Lapisan bilayer yang demikian telah terbukti mengurangi pertukaran gas, dan menghasilkan karbon dioksida internal yang lebih tinggi dan konsentrasi oksigen yang lebih rendah pada potongan apel yang dipotong.

Lipid murni dapat dikombinasikan dengan hidrokoloid, seperti protein, pati atau selulosa, dan turunannya, baik dengan menambahkan lipid ke dalam larutan pembentuk *coating* hidrokoloid (teknik emulsi) atau dengan menempatkan lapisan lipid ke permukaan *coating* hidrokoloid yang telah dibentuk sebelumnya (*bilayer*). Penambahan senyawa atau partikel non-lipid seperti kristal gula, serat, dan protein sebagai komponen terdispersi dalam bahan lemak memungkinkan pembentukan dispersi lemak, seperti cokelat. *Coating* komposit ini memanfaatkan sifat fungsional dari masing-masing komponen *coating* untuk memberikan sifat *barrier* dan mekanik yang baik. Efisiensi *barrier* uap air yang dihasilkan dari *coating* berlapis sering kali urutan besarnya sama dengan lipid murni, dan jauh lebih tinggi daripada film berbasis emulsi. Namun, *coating* berbasis hidrokoloid bersifat hidrofilik, dan cenderung menyerap air ketika *coating* bersentuhan langsung dengan fase lembab. Selain itu, langkah-langkah pemrosesan tambahan untuk pembuatan *coating* (pelapisan dan pengeringan) membuat *coating* bilayer sulit untuk digunakan dalam produksi komersial berkecepatan tinggi.

Zat yang paling banyak digunakan untuk membentuk *coating* komposit bilayer adalah eter selulosa tetapi pektinat, kitosan, pati, alginat, dan karagenan telah digunakan dalam *coating* komposit lainnya. Zat-zat ini sering dikombinasikan dengan asam stearat atau palmitat, lilin lebah, monogliserida asetat, dan lesitin.

Bab III

Bahan Tambahan Pada *Edible Coating*

3.1 *Plasticizer*

Plasticizer merupakan senyawa dengan berat molekul kecil yang dapat ditambahkan ke larutan *edible coating* untuk meningkatkan fleksibilitas dan sifat mekanik dari *edible coating*. Penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan permeabilitas dari *edible coating*. Dalam kebanyakan kasus, beberapa *plasticizer* perlu ditambahkan ke larutan *coating* untuk menjaga *edible coating* yang dihasilkan tidak rapuh karena *edible coating* harus kuat memiliki daya rekat yang baik pada permukaan kasar. *Plasticizer* harus dapat bereaksi dengan polimer pembentuk *coating* dan mengurangi kekuatan antar molekul serta meningkatkan mobilitas rantai polimer.

Plasticizer yang umum digunakan dalam *edible coating* biasanya poliol, termasuk gliserol, propilen glikol, polipropilen glikol, manitol, sorbitol dan sukrosa. Asam lemak juga telah digunakan sebagai *plasticizer* dalam *edible coating* meskipun asam lemak tidak digunakan secara umum. Efektivitas *plasticizer* tergantung pada tiga hal, yaitu: ukuran, bentuk dan kompatibilitas dengan matriks bahan utama *edible coating*. Keadaan *plasticizer* dalam kondisi penyimpanan normal juga dapat mempengaruhi permeabilitas dan fleksibilitasnya. *Plasticizer* padat mungkin memiliki efek “antiplastik”, dan mengurangi fleksibilitas matriks, sekaligus meningkatkan permeabilitas. Dalam sistem polimer plastik tradisional, antiplastisasi terjadi ketika sistem plastisasi lebih keras dan kurang fleksibel daripada polimer murni pada suhu di bawah transisi gelas (T_g).

Pada sebagian besar *edible coating* berbasis pati, *plasticizer* yang paling efektif yaitu gliserin yang memiliki keunggulan spesifik karena relatif tidak manis, murah dan memiliki status GRAS oleh FDA. Gula dan senyawa dengan berat molekul yang rendah

lainnya dapat bertindak sebagai *plasticizer* yang efektif, tetapi umumnya penggunaan gula sebagai *plasticizer* pada *edible coating* menghasilkan karakteristik seperti kaca dan rapuh.

Edible coating berbasis protein biasanya dibuat dari larutan yang terdiri dari tiga komponen utama, yaitu: protein, *plasticizer*, dan pelarut. Sifat-sifat *edible coating* itu dipengaruhi oleh sifat intrinsik atau komponen pelapis dan faktor pemrosesan ekstrinsik. Sifat intrinsik protein meliputi komposisi asam amino, kristalinitas (protein dan/atau *plasticizer*), hidrofobik/hidrofilisitas, muatan permukaan, pH, ukuran molekul dan bentuk tiga dimensi. Ada dua jenis *plasticizer* yaitu internal dan eksternal. *Plasticizer* internal secara kimia dapat memodifikasi rantai protein melalui penambahan kelompok substituen yang berikatan dengan ikatan kovalen. Skema derivatisasi kimia yang umum adalah reaksi asetilasi, suksinilasi dan maillard dengan monosakarida. *Plasticizer* internal menciptakan hambatan sterik antara rantai protein, yang mengarah pada peningkatan volume bebas dan peningkatan fleksibilitas. *Plasticizer* eksternal memecahkan dan melumasi rantai protein, menurunkan suhu transisi kaca dari protein dan juga meningkatkan volume bebas.

Penambahan *plasticizer* yang berlebihan akan menghasilkan *film* yang lengket dan kenyal. Dengan demikian, perlu untuk mengoptimalkan jumlah *plasticizer* yang digunakan dalam formulasi untuk mencapai sifat *coating* yang diinginkan. Namun, pada beberapa aplikasi seperti pelapisan untuk kapsul lunak diperlukan *coating* yang seperti karet dan lentur.

3.2 Surfaktan dan Emulsifier

Coating yang larut dalam air umumnya tidak memiliki sifat penghalang air yang baik karena kelarutan komponen matriksnya dalam air. *Coating* berbasis komposit merupakan lapisan yang heterogen dari partikel hidrofobik dalam matriks hidrofilik. Dalam hal ini, surfaktan dapat digunakan untuk menstabilkan fase terdispersi dalam larutan polimer sebelum dilapisi pada bahan dan produk pangan. Pengemulsi juga dapat digunakan untuk meningkatkan daya rekat *coating* pada permukaan bahan dan produk pangan atau antara dua lapisan *coating* dengan polaritas yang berbeda dalam *coating* bilayer. Dalam *coating* bilayer, sifat penghalang air yang baik dari lipid dan sifat kohesi serta permeabilitas gas yang baik dari polisakarida hidrofilik atau protein dapat

dikombinasikan sebagai lapisan yang terpisah untuk meningkatkan sifat dari *coating* yang dihasilkan.

Pengurangan aktivitas air permukaan pada antarmuka air-minyak membantu untuk membentuk dan menstabilkan emulsi yang mempengaruhi umur simpan dari emulsi *coating*. Keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) dari surfaktan memberi peringkat senyawa-senyawa ini menurut bagian hidrofobik dan hidrofiliknya, yang memiliki efek pada kinerjanya sebagai pengemulsi. Pengemulsi dipilih untuk digunakan berdasarkan keseimbangan hidrofilik-lipofilik (HLB) dan suhu inversi fase (PIT). HLB berkisar dari nilai 1 hingga 40 untuk pengemulsi, dan dihitung berdasarkan kelompok polar dan hidrofobik spesifik yang ada pada molekul surfaktan. Surfaktan yang sangat hidrofilik memiliki nilai HLB yang tinggi, sedangkan surfaktan dengan nilai HLB yang rendah umumnya bersifat lipofilik. Surfaktan dengan nilai HLB < 7 direkomendasikan untuk emulsi air dalam minyak (w/o) sedangkan yang memiliki nilai HLB > 7 umumnya sesuai untuk emulsi minyak dalam air (o/w). PIT menunjukkan suhu di mana emulsi w/o berubah menjadi emulsi o/w.

Natrium lauril sulfat adalah surfaktan yang sangat hidrofilik dengan nilai HLB 40. Beberapa pengemulsi umum adalah turunan asetat monogliserida, lesitin (GRAS) dan lesitin, etilen glikol monostearat, gliserol monostearat, ester asam lemak sorbitan (TWEENS), dan minyak kelapa sawit dan com (GRAS). Surfaktan membantu melapisi permukaan yang dilapisi. Sebagian besar lilin alami juga memiliki sifat pengemulsi karena mengandung alkohol dan ester rantai panjang.

Tabel 3.1 Beberapa Macam *Plasticizer* dan Surfaktan yang Umum Digunakan pada *Edible Coating*

Senyawa	Klasifikasi
Acetylated monoglycerides	Emulsifier
Minyak jagung	
Ethoxylated monoglycerides	GRAS
Ethoxylated diglycerides	GRAS
Gliserol	GRAS
Gliserol monopalmitat	Emulsifier
Lesitin terhidrosilasi	Emulsifier
Lesitin	Emulsifier

Mannitol	
Asam oleic	Senyawa pengikat
Minyak palm	GRAS
Polietilen glikol	Plasticizer
Polisorbat 60	Emulsifier
Polisorbat 65	Emulsifier
Polisorbat 80	Emulsifier, surfaktan
Propilen glikol	GRAS
Propilen glikol alginat	
Sodium lauril sulfat (SLS)	Emulsifier, surfaktan
Sodium <i>stearoyllactylate</i>	Emulsifier, surfaktan
Sorbitan monoolcate	Emulsifier, surfaktan
Sorbitan monostearat	Emulsifier
Sorbitol	
Sukrosa	GRAS
Ester asam lemak sukrosa	Emulsifier

Sumber: Baldwin (2002).

3.3 Senyawa Antimikroba

Penyebab utama dari pembusukan bahan dan produk pangan adalah adanya pertumbuhan mikroba pada permukaan bahan dan produk pangan. Pengurangan aktivitas air (a_w) dan melindungi dengan kemasan anti lembab merupakan metode umum yang digunakan untuk mencegah pembusukan bahan dan produk pangan.

Senyawa aktif seperti anti mikroba dapat ditambahkan ke dalam *edible coating* untuk menghambat pembusukan akibat bakteri patogen dengan mempertahankan konsentrasi efektif senyawa aktif pada permukaan bahan pangan. Ada beberapa senyawa anti mikroba yang dapat ditambahkan ke dalam *edible coating*, seperti: asam organik (asetat, benzoat, laktat, propionat, sorbat), ester asam lemak (gliseril monolaurat), polipeptida (lisozim, peroksidase, laktoferin, nisin), minyak atsiri (kayu manis, oregano, serai), nitrit, dan sulfat.

Senyawa seperti asam benzoat dan benzoat paling efektif pada pH 2,5-4,0 dengan bentuk asam benzoat yang tidak terdisosiasi menjadi yang paling efektif, menjadikan pengawet ini tidak efektif di atas pH 4,5. Senyawa ini mengontrol ragi dan jamur lebih

efektif daripada bakteri dan dianggap GRAS hingga maksimum 0,1% di Amerika Serikat dan hingga 0,15% -0,25% di negara lain. Asam sorbat dan sorbat juga paling efektif dalam keadaan tidak terdisosiasi terhadap jamur dan bakteri tertentu. Sorbat diizinkan di semua negara di dunia untuk memperpanjang umur simpan berbagai produk makanan di kisaran 0,15% -0,25%. Asam asetat, laktat, propionat, fumarat, dan sitrat juga dapat digunakan dalam *coating* dan berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba.

Ester alkil dari asam p-hidroksibenzoat, atau paraben, adalah agen antimikroba yang efektif terutama terhadap ragi dan kapang. Di Amerika Serikat, metil dan propil paraben dianggap GRAS hingga 0,1%. Di Inggris, metil, etil, dan propil paraben diizinkan dalam produk pangan, sementara negara lain mengizinkan butil ester paraben juga. Selain itu, sulfit atau sulfur dioksida dan bentuk garamnya adalah senyawa antimikroba yang efektif untuk mengendalikan ragi, jamur, dan terutama bakteri serta dapat mencegah kecoklatan enzimatis pada makanan. Efektivitas senyawa ini paling baik ketika asam tidak terdisosiasi pada $\text{pH} < 4$. Meskipun sulfur dioksida dan berbagai garam sulfit dianggap GRAS di Amerika Serikat, senyawa ini tidak dapat digunakan pada daging, dalam produk makanan yang merupakan sumber tiamin, atau pada buah-buahan dan sayuran mentah karena elisitasi respons alergenik pada suatu segmen populasi.

Penggunaan antimikroba yang diperoleh dari sumber alami adalah salah satu konsekuensi dari meningkatnya minat konsumen terhadap makanan sehat yang bebas dari bahan tambahan kimia. Perlu dicatat bahwa asam organik dan garamnya (laurat, asetat, sorbat, sitrat, benzoat atau asam propionat), rempah-rempah dan senyawa turunan herbal (minyak atsiri dan komponen utamanya), kitosan dan antimikroba alami yang diperoleh dari bakteri, seperti nisin, pediocin, natamycin atau reuterin ini dapat digunakan sebagai bahan antimikroba untuk formulasi *edible coating*.

Edible coating berbasis polisakarida alami merupakan bahan yang cocok sebagai *carrier* pengawet makanan seperti kalium sorbat (garam GRAS) dan minyak atsiri, sehingga meningkatkan aktivitas anti jamur dari bahan *edible coating* dan kalium sorbat sebagai zat pengawet.

Coating yang mengandung minyak atsiri mengurangi kontaminasi mikroba dengan memiliki aktivitas antimikroba terhadap sejumlah bakteri yang terbawa makanan. Aktivitas antimikroba dapat ditingkatkan dengan meningkatkan konsentrasi minyak atsiri dalam komposisi lapisan, tetapi peningkatan konsentrasi harus dioptimalkan sedemikian rupa sehingga tidak mempengaruhi sifat sensorik dari komoditas segar

karena minyak atsiri memiliki karakteristik aroma yang khas karena adanya fenol.

Minyak atsiri adalah alternatif yang luar biasa sebagai bahan pengawet dan penggunaannya dalam bahan pangan yang diproses secara minimal dapat diterima oleh konsumen. Minyak atsiri ditetapkan sebagai GRAS dan dapat ditambahkan ke dalam *edible coating* untuk memodifikasi *flavor* dari bahan pangan. Sebuah penelitian telah membandingkan efek minyak oregano, kayu manis dan serai yang ditambahkan ke dalam *edible film* pada puree apel dan puree apel-alginat untuk melawan aktifitas bakteri *Escherichica coli* dan hasil penelitiannya menunjukkan bahwa *edible film* layak untuk ditambahkan minyak esensial nabati pada permukaan bahan pangan segar.

Tabel 3.2 Senyawa Antimikroba yang Umum Digunakan pada *Edible Coating*

Senyawa Antimikroba	Klasifikasi
Asam asetat	GRAS
Asam benzoat	GRAS, senyawa antimikroba
Kalsium disodium	Pengawet
EDTA	
Asam sitrat	GRAS
Asam dehidroasetat	Pengawet
Asam fumarik	
Asam laktat	GRAS, senyawa antimikroba
Metilparaben	GRAS, senyawa antimikroba
Natamycin	Penghambat jamur
Potassium sorbat	GRAS
Asam propionat	GRAS, senyawa antimikroba
Propilparaben	GRAS, senyawa antimikroba
Sodium benzoat	GRAS, senyawa antimikroba
Sodium nitrat	Pengawet
Sodium nitrit	Pengawet
Asam sorbat	GRAS

Sumber: Baldwin (2002).

Sebuah penelitian menggunakan asam malat dalam kombinasi dengan natamycin dan nisin dalam *edible coating* berbasis konsentrat protein whey dan menguji metode polimerisasi yang berbeda yaitu denaturasi panas, polimerisasi UV (UV) dan kedua metode gabungan (denaturasi panas + UV). Didapatkan hasil bahwa kinerja

antimikroba terbaik dicapai menggunakan *edible coating* berbasis konsentrat protein whey dengan polimerisasi denaturasi panas + UV. *Coating* ini mencegah pertumbuhan *Enterobacteriaceae*, ragi dan jamur (jumlah CFU tetap konstan) dan mengarah pada penghambatan mikroba *Staphylococcus sp.* Hasil tersebut menunjukkan bahwa aktivitas antimikroba ditingkatkan oleh polimerisasi protein (baik denaturasi panas dan UV), menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode ini dimungkinkan untuk meningkatkan kinerja *edible coating* berbasis konsentrat protein whey.

Sebagai contoh *coating* yang berfungsi sebagai *carrier* antmikroba, yaitu menggunakan polietilen (PE) dilapisi dengan kitosan dimana *coating* polimer sebelumnya diolah untuk meningkatkan adhesi kitosan. Aktivitas antimikroba terhadap bakteri gram positif (*L. monocytogenes*) atau gram negatif (*Escherichica coli*, *Salmonella*) terbukti dalam *film* PE yang tidak dilapisi dan dilapisi kitosan. *Film* yang mengandung sebagian larutan peptida antibakteri yang dimurnikan (ppabp) yang diproduksi oleh *Bacillus licheniformis* Me1 dikembangkan dengan menggunakan *low density polyethylene* (LDPE) dan *film* selulosa dengan metode *spreading*, menunjukkan aktivitas antibakteri yang luar biasa.

Contoh formulasi *edible coating* yang menggabungkan senyawa anti mikroba ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3.3 Formulasi Edible Coating yang Mengandung Senyawa Anti Mikroba

Komposisi	Fungsi	Jumlah
Pati jagung	Polimer	-
Gliserol	<i>Plasticizer</i>	0 - 20 g/L
Minyak bunga matahari	Lipid	0 - 8 g/L
Potassium sorbat	Senyawa anti mikroba	-
Asam sitrat	Senyawa anti mikroba	-
Metilselulosa	Polimer	0,5 - 1,5 g/100g
Sorbitol	<i>Plasticizer</i>	0 - 1 g/100g

(Sumber : Garcia, et. al, 2009)

3.4 Antioksidan

Antioksidan digunakan untuk meningkatkan stabilitas bahan dan produk pangan terutama yang berbasis lemak dan mempertahankan nilai gizi dan warna dengan mencegah ketengikan oksidatif. Antioksidan pun dapat melindungi bahan dan produk pangan dari degradasi dan *browning* enzimatis. Antioksidan terdiri dari 2 macam, yaitu

antioksidan alami dan antioksidan sintetis. Senyawa asam atau fenolik dapat berfungsi sebagai antioksidan. Struktur fenolik dari senyawa tertentu menekan pembentukan radikal bebas, yang menunda proses autooksidatif dalam lemak atau minyak dengan bertindak sebagai donor proton.

Antioksidan fenolik termasuk *butylated hydroxyanisole* (BHA), *butylated hydroxytoluene* (BHT) dan ester dari asam galat seperti propil galat, octyl galat dan tersier butil hidrokuinon (TBHQ) merupakan antioksidan sintetis yang telah menerima persetujuan untuk digunakan dalam produk pangan. Antioksidan ini juga disetujui untuk digunakan di banyak negara, terutama BHA dan BHT. Sedangkan antioksidan alami yang biasa ditambahkan pada produk pangan yaitu tokoferol, tokotrienol, asam askorbat, asam sitrat, karotenoid, dan antioksidan enzimatik.

Penambahan senyawa antioksidan alami merupakan alternatif yang menarik karena dapat memberikan sifat fungsional pada produk pangan yang ditamhkannya. Beberapa senyawa seperti asam askorbat, asam sitrat, resveratrol, atau tokoferol merupakan antioksidan yang dapat berfungsi untuk melindungi kualitas sensorik dan nutrisi dari produk pangan itu sendiri dan bahkan dapat menjadi suplemen diet. Senyawa asam seperti sitrat dan asam askorbat berfungsi sebagai zat pengkelat logam sedangkan senyawa fenolik seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA), *butylated hydroxytoluene* (BHT), *tersier butylated hydroxyquinone* (TBHQ), propil galat dan tokoferol berfungsi dengan menghambat oksidasi lipid.

Antioksidan dapat ditambahkan kedalam *edible coating* dan dapat berfungsi secara efektif karena dapat mencegah oksidasi yang umumnya terjadi di permukaan bahan atau produk pangan yang kontak dengan udara. Sebelum menambahkan antioksidan ke dalam *edible coating*, perlu untuk mengevaluasi tidak hanya kapasitas antioksidannya tetapi juga bagaimana antioksidan akan mempengaruhi sifat-sifat bahan yang dimasukkan, seperti daya retensi, dan karakteristik produk makanan, seperti rasa, warna, dan modifikasi kimia.

Tabel 3.4. Antioksidan yang Umum Digunakan pada *Edible Coating*.

Antioksidan	Klasifikasi
Anoxomer	Antioksidan
Asam askorbat	GRAS
Asam askorbat-2-fosfat	
Asam askorbat-3-fosfat	
Askorbil palmitat	GRAS
butylated hydroxyanisole (BHA)	GRAS
butylated hydroxytoluene (BHT)	GRAS
L-sistein	GRAS
Diphenylamine (DPA)	
Asam ertorbik	Antioksidan
4-Hydrocymethyl-2-6- di-tertbuty1pheno1	Antioksidan
Lesitin	GRAS
Potassium bisulfit	GRAS
Potassium metabisulfit	GRAS
Propyl gallat	GRAS, antioksidan
Rosemary	GRAS
Sodium bisulfit	GRAS
Sodium metabisulfit	GRAS
Sodium sulfit	GRAS
TBHP	Antioksidan
Tersier butil hidrokuinon (TBHQ)	Antioksidan
Tokoferol	GRAS
α -Tokoferol	GRAS
α -Tokoferol asetat	GRAS

Sumber: Baldwin (2002)

Banyak ilmuwan melaporkan peran *edible coating* sebagai pembawa berbagai zat antimikroba dan antioksidan sintetis atau alami, berhasil digunakan seperti memasukkan nisin dan tokoferol dalam lapisan tepung beras yang dapat dimakan. Sebuah penelitian juga menggunakan bahan *coating* (25% putih telur cair) sebagai pembawa antioksidan alami seperti ekstrak kulit apel dan gel lidah buaya mentah dan produk masih dapat diterima oleh panelis sampai hari ke 42 dan berdasarkan atribut

fisikiko-kimia dan sensorik.

Tabel 3.5 Penggunaan Antioksidan pada *Edible Coating*

Produk pangan	Bahan <i>edible coating</i>	Antioksidan	Efek pada produk pangan
Mangga potong segar	Alginat	Asam askorbat Asam sitrat	Berkontribusi dalam retensi warna, kualitas gizi dan sifat fisikokimia masih tetap baik selama 12 hari pada suhu 4°C
	Pati singkong	Asam sitrat	Menunda penurunan kualitas buah mangga segar, mengurangi laju respirasi buah dan menghambat reaksi metabolisme yang terkait dengan pematangan buah, mempertahankan sifat mekanik dan karakteristik warna selama penyimpanan

Pir	Alginat, gellan atau pektin	Ncetylcysteine Glutathione	Mengurangi kehilangan vitamin C selama lebih dari 1 minggu secara signifikan. Pear yang dilapisi <i>coating</i> antioksidan memiliki kandungan total fenol yang lebih tinggi dibandingkan pear yang tidak dilapisi
	Kitosan	Ekstrak rosemary	Menurunkan laju reaksi <i>browning</i> , pelunakan dan penurunan sifat sensorik pada irisan pir setelah 3 hari penyimpanan pada suhu 20°C. Mengurangi permeabilitas membran, pengurangan vitamin C, penurunan berat buah dengan mempertahankan nilai pH pada irisan pir segar.

Persik	Pektin	Minyak daun cinnamon	Aktivitas pembersihan radikal meningkat secara signifikan ketika konsentrasi minyak yang ditambahkan naik. Perlakuan <i>coating</i> secara mempengaruhi total kandungan fenolik dan flavonoid serta kapasitas antioksidan dari buah persik segar
Anggur	Pektin	Minyak daun cinnamon	Meningkatkan kapasitas antioksidan pada anggur
	Hidroksipropil metilselulosa (HPMC) atau kitosan	Minyak bergamot	Menghambat perubahan warna sehingga meningkatkan penampilan anggur tetapi tidak mengurangi reaksi browning selama penyimpanan
Tomat	Pati beras	Minyak kelapa	Mengontrol laju pematangan tomat
	Pati bers	Minyak kelapa dan ekstrak teh hijau	Retensi asam askorbat yang tinggi setelah 20 hari penyimpanan
Potongan apel fuji	Pati singkong	Minyak kulit kayu manis Minyak adas	Konsentrasi fenol total dan aktivitas antioksidan meningkat

Apel mawar	Konjac glucomannan	Ekstrak buah nanas	Menghambat reaksi browning, aktivitas polifenol oksidase dan peroksidase yang rendah dan total fenol yang tinggi
Paprika manis	Kitosan	Minyak cinnamon	Mempertahankan sifat sensorik dan aktivitas antioksidan yang tinggi hingga hari ke-35

Sumber: Sartori dan Menegalli (2014)

3.5 Flavor

Edible coating yang berfungsi sebagai *carrier flavor* harus memiliki kekuatan dan stabilitas tertentu sehingga dapat bekerja secara efektif sebagai *carrier flavor*. Umumnya senyawa *flavor* tidak larut dalam air, sehingga agak sulit untuk digabungkan dengan bahan utama *coating* yang dapat terdispersi dalam air seperti pati. *Flavor* berbahan dasar minyak seperti sitrus dan minyak volatil lainnya dapat diimobilisasi dalam cairan pembentuk *coating* kental dalam jumlah yang cukup kecil untuk mencegah koalesensi. Dalam beberapa kasus, surfaktan dan zat pengemulsi dibutuhkan untuk menstabilkan larutan *coating*. Pemecahan emulsi dan pemisahan fase dicegah melalui homogenisasi atau pencampuran dengan pengadukan tinggi untuk memastikan suspensi tetesan kecil dan viskositas larutan yang cukup tinggi untuk memperlambat mobilitas tetesan minyak. Emulsi hanya perlu stabil dalam sementara waktu yang diperlukan untuk air menguap, sehingga dapat membentuk *coating* dengan tetesan minyak terbungkus dalam matriks *coating* yang dihasilkan.

Banyak bahan penyedap rasa seperti coklat tidak larut dalam air dan harus tersebar secara merata di seluruh matriks polimer, tanpa mengganggu integritas *coating*. Seperti halnya pengiriman komponen aktif apapun, tingkat rasa minimum yang diperlukan untuk memberikan *flavor* yang diinginkan harus seimbang terhadap kontribusi negatif apa pun yang dimiliki komponen tidak larut pada kekuatan dan ketahanan *film*.

Coating ber-flavor dapat dibagi menjadi beberapa kategori dasar. *Coating* mungkin

memiliki rasa yang sama seperti bahan atau produk pangan yang akan dilapisi, sehingga dapat memperkuat *flavor* secara keseluruhan. *Coating* mungkin juga ditambahkan dengan *flavor* yang berbeda untuk memberikan *flavor* yang baru. Jika *coating* diterapkan untuk memperpanjang umur simpan, mungkin perlu untuk menambah *flavor* pada *coating* untuk mengurangi keterlambatan keluarnya *flavor* pada saat pertama kali bahan atau produk pangan ditempatkan di mulut.

Dalam tablet dan suplemen gizi, sering digunakan *coating* untuk menutupi atau menyamarkan *flavor* yang tidak menyenangkan. Tujuan ini biasanya dilakukan dengan kombinasi sifat-sifat penutup polimer, suatu *flavor* yang menyenangkan untuk mengalihkan perhatian atau dengan penambahan *masking agent*.

3.6 *Nutraceutical*

Dewasa ini, peningkatan minat konsumen dalam meningkatkan peran kesehatan pada produk pangan tertentu telah terjadi. *Nutraceutical* adalah senyawa kimia alami dan bioaktif yang ditambahkan ke dalam produk pangan dan memiliki peran untuk meningkatkan kesehatan, mencegah penyakit, atau obat-obatan yang meningkatkan peran makanan tertentu atau komponen makanan yang aktif secara fisiologis.

Sebuah penelitian menggunakan *edible coating* berbasis *xanthan gum* digunakan sebagai *carrier* 5% Gluconal Cal (campuran kalsium laktat dan glukonat) dan 0,2% α -tokoferal asetat (vitamin E) pada wortel bayi. Wortel bayi yang sudah dikupas dicelupkan ke dalam larutan *coating*, dikeringkan dan kemudian disimpan pada suhu 2°C dan RH 85% hingga 3 minggu. Kandungan kalsium dan vitamin E dari wortel bayi kupas yang dilapisi per penyajian (85 g), meningkat dari 2,6% menjadi 6,6%, dan dari 0 menjadi sekitar 67% dari nilai *Dietary Reference Intakes* (DRI) masing-masing. *Edible coating* meningkatkan warna permukaan wortel yang diinginkan tanpa efek pada rasa, tekstur, dan aroma segar tetapi membuat permukaan wortel bayi kupas sedikit licin. Tingkat β -karoten dalam wortel bayi kupas tidak terpengaruh oleh adanya pengaplikasian *edible coating*.

Sebuah penelitian menunjukkan bahwa permeabilitas uap air dan sifat tarik *edible film* berbasis protein susu, dengan kalsium kaseinat dan isolat protein whey, dapat dikompromikan ketika ditambahkan kalsium dan vitamin E dalam konsentrasi yang tinggi. Penggabungan vitamin E meningkatkan persentase elongasi saat putus dan mengurangi kekuatan tarik *film*, mungkin karena sifat hidrofobiknya, efek plastisisasi

atau karena struktur *film* yang heterogen.

Penelitian lainnya menggunakan *edible coating* berbasis kitosan untuk memperpanjang usia simpan dan meningkatkan nilai gizi strawberry (*Fragaria × ananassa*) dan raspberry merah (*Rubus ideaus*) yang disimpan pada suhu 2°C dan RH 88% selama 3 minggu dan pada suhu-23°C hingga 6 bulan. Tiga *coating* berbasis kitosan (kitosan, kitosan yang mengandung 5% Gluconal® CAL, dan kitosan yang mengandung 0,2% dl- α -tocopheryl acetate) dipelajari. Hasil menunjukkan bahwa penambahan kalsium atau vitamin E dengan konsentrasi tinggi ke dalam *coating* berbasis kitosan tidak mengubah fungsi anti-jamur dan *barrier* kelembaban. *Coating* yang mengandung kalsium atau vitamin E secara signifikan meningkatkan kandungan nutrisi ini baik dalam buah segar maupun beku. 100 gram buah yang dilapisi mengandung sekitar 34-59 mg kalsium, atau 1,7-7,7 mg vitamin E tergantung pada jenis buah dan waktu penyimpanan, sedangkan buah yang tidak dilapisi hanya mengandung 19-21 mg kalsium atau 0,25-1,15 mg vitamin E.

Penambahan senyawa *nutraceutical* bervariasi tergantung pada tujuan penggunaan *edible coating*-nya. Untuk *edible coating* pada camilan bernutrisi, tujuannya adalah memaksimalkan senyawa *nutraceutical*. Level penambahan senyawa *nutraceutical* dapat mencapai 100% berdasarkan basis polimer yang digunakan. Tingkat penambahan biasanya akan lebih dari 5% hingga mungkin 20%, berdasarkan basis polimer. Contoh formulasi *edible coating* yang menggabungkan campuran vitamin ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 3.6 Formulasi Edible Coating yang Mengandung Vitamin

Komposisi	Fungsi	Berat (g)	% padatan
HPMC	Polimer	38,95	38,95
Gliserol	Plasticizer	10,00	10,00
Propilen glikol	Plasticizer	6,00	6,00
Polietilen glikol	Plasticizer	6,00	6,00
Fibersol	Serat larut	5,00	5,00
Avicel	Serat tidak larut	5,00	5,00
PGMS	Surfaktan	0,50	0,50
Vitamin	<i>Nutraceutical</i>	20,00	20,00
Air	Pelarut	800,00	-
Mentol	Flavor	2,00	2,00

Minyak atsiri	Flavor	5,00	5,00
Polysorbate 80	Surfaktan	0,50	0,50
Xanthan gum	<i>Stabilizer</i>	0,50	0,50
Pewarna merah	Pewarna	0,05	0,05
Sukralosa	Pemanis	0,50	0,50
Air	Pelarut	100,0	-
Total		1000	100,0%

(Sumber : Rossman, 2009)

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

Tambahkan HPMC (hidroksipropil metilselulosa) dan PGMS (propilen glikol monostearat) ke sebagian besar air dalam tangki larutan utama. Campurkan dengan pengadukan sedang untuk melembabkan polimer sepenuhnya. Tambahkan semua bahan lain dalam formulasi, nutraceutical ditambahkan paling akhir. Flavor dicampur dengan pengadukan sangat tinggi dalam tangki terpisah untuk membuat emulsi stabil. Emulsi ini kemudian ditambahkan ke tangki larutan utama. Kebanyakan formulasi akan memerlukan satu atau lebih alat bantu pengolahan untuk membantu dalam proses pembuatan.

3.7 Mikroorganisme Probiotik

Probiotik didefinisikan sebagai bahan makanan mikroba hidup yang memiliki efek menguntungkan pada kesehatan manusia. Bakteri probiotik yang paling sering digunakan yaitu *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium*. Beberapa efek menguntungkan dari bakteri probiotik yaitu membantu pencernaan laktosa, meningkatkan resistensi terhadap bakteri patogen, meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan menghambat infeksi anti-urogenital dan ensefalopati hati.

Secara umum, produk pangan berbasis susu telah digunakan sebagai *carrier* mikroorganisme probiotik. Sifat fisikokimia serta fungsional dari produk pangan ini memiliki peran kunci dalam memastikan kelangsungan hidup mikroorganisme probiotik. Dengan demikian, produk pangan yang diformulasikan dengan benar dapat menjadi *carrier* mikroorganisme probiotik yang efektif dengan dua cara yaitu secara langsung dan secara tidak langsung. *Carrier* mikroorganisme probiotik secara langsung dapat

melalui komponen produk pangan yang diformulasikan dengan baik sedangkan *carrier* mikroorganisme probiotik secara tidak langsung yaitu melalui bahan pengemasnya yang dikembangkan dimana bahan pengemas dapat dimakan (*edible coating* atau *film*) dan harus memiliki kondisi yang baik untuk kelangsungan hidup mikroorganisme probiotik.

Edible coating dapat ditambahkan mikroorganisme probiotik, tetapi hal ini jarang dilakukan secara umum. Adanya penambahan bakteri probiotik dapat mengendalikan jumlah mikroorganisme menguntungkan dan secara bersamaan memberikan perlindungan terhadap perubahan suhu, pH, proses kimia dan enzimatis pada bahan dan produk pangan selama proses produksi, penyimpanan, saat dikonsumsi hingga di pencernaan.

Sebuah penelitian mengembangkan *film* probiotik menggunakan alginat (2% w/v) dan *gellan gum* (0,5%) sebagai *carrier* mikroorganisme seperti *bifidobacteria* untuk melapisi buah potong segar. Apel dan pepaya berhasil dilapisi dengan larutan *coating* alginat atau *gellan gum* yang mengandung *Bifidobacterium lactis* Bb-12 yang lebih tinggi dari 10^6 cfu/g yang bertahan hingga 10 hari penyimpanan dalam suhu dingin.

Penelitian lainnya mengembangkan *edible film* berbasis metilselulosa (MC) yang mengandung dua macam bakteri probiotik (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* CIDCA 333 dan *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114) dan *fruktooligosakarida* (FOS) sebagai prebiotik. Strain bakteri ditemukan sepenuhnya tertanam dalam matriks *film* yang integritasnya tidak terpengaruh oleh keberadaan bakteri probiotik ini. FOS tidak hanya memberikan efek positif (melindungi *L. delbrueckii*) tetapi juga memberi efek negatif (mengurangi suhu transisi kaca *film*) sehingga konsentrasi FOS dipilih sesuai dengan keseimbangan antara efek tersebut. *Film* yang mengandung *L. delbrueckii* kemudian ditambahkan dengan 3% (b / v) FOS, sedangkan *film* dengan *L. plantarum* ditambahkan dengan 1% FOS. *L. plantarum* ditemukan stabil untuk periode yang lebih lama dengan nilai RH yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan *L. delbrueckii*, yang mungkin berguna untuk aplikasi yang lebih praktis.

Tabel 3.7 Beberapa *Edible Film* atau *Coating* yang Mengandung Bakteri Probiotik

Bahan <i>edible film/coating</i>	Bakteri probiotik	Bahan tambahan	Substrat	Viabilitas	Penghambatan
Alginat Gellan	B. lactis Bb-12	-	<i>Coating</i> pada apel dan pepaya	siklus > 6 log CFU.g ⁻¹ hingga 10 hari pada suhu 2°C	-
Kaseinat	L. sakei	-	<i>Film</i> pada daging	siklus > 6 log CFU.cm ⁻² hingga 21 hari pada suhu 4°C	L. monocytogenes
Alginat	C. maltaromaticum	-	<i>Film</i> pada salmon asap	siklus > 7 log CFU.cm ⁻² hingga 28 hari pada suhu 4°C	L. monocytogenes
Gelatin	L. acidophilus B. bifidium	-	<i>Film</i> dan <i>coating</i> pada ikan hake	siklus > 8 log CFU.g ⁻¹ hingga 6 hari pada suhu 2°C	-
Agar	L. paracasei B. lactis	Ekstrak teh hijau	<i>Film</i> pada ikan hake	siklus > 6 log CFU.cm ⁻² hingga 15 hari pada suhu 4°C	Mikroorganisme penghasil H ₂ S
Metilselulosa	L. delbrueckii L. plantarum	Prebiotik: FOS	Edible film	Waktu untuk pengurangan 1 log (RH 11%, 4°C) L. delbrueckii: 45 hari L. plantarum: 90 hari	-

Pullulan: pati kentang (75:25)	L. rhamnosus, L. reuteri, L. acidophilus	-	Edible film	Hampir 90% viabilitas hingga 30 hari pada suhu 4 ° C	-
Gelatin	L. rhamnosus	Prebiotik: inulin, polidekstroza, glukooligosakarida, dekstrin gandum	Edible film	Waktu untuk pengurangan 1 log (4°C): 63 hari (glukooligosakarida) hingga 100 hari (insulin)	-
Alginat dan isolat protein whey	L. rhamnosus	-	Coating pada roti	>10 ⁶ CFU.g ⁻¹ hingga 7 hari pada suhu ruang	-
Hidroksipropil metilselulosa (HPMC) Isolat protein kacang Sodium kaseinat	L. plantarum	Gliserol	Edible film	Viabilitas tertinggi untuk sodium kaseinat: >10 ⁵ CFU.cm ⁻² hingga 30 hari pada suhu 5°C	L. innocua
Metilselulosa (MC) Sodium kaseinat	L. reuteri L. acidophilus	Gliserol	Edible film	Viabilitas tertinggi untuk L. acidophilus: >10 ⁴ (sodium kaseinat) dan >10 ³ (MC) CFU. cm ⁻² hingga 30 hari pada suhu 5°C	L. innocua

Sumber: Espitia, et al. (2016)

Bab IV

Struktur dan Karakteristik *Edible Coating*

¹ Bahan dasar pembentuk *edible coating* sangat mempengaruhi sifat-sifat *edible coating* itu sendiri. *Edible coating* berbasis lipid merupakan *barrier* yang baik terhadap uap air, meningkatkan kilap permukaan dan mengurangi abrasi. Pada suhu ruang, *coating* berbasis lipid merupakan *barrier* yang terbaik untuk uap air. Sedangkan *edible coating* berbasis polisakarida lebih unggul dalam menahan perpindahan gas dibandingkan uap air. *Edible coating* yang hanya terdiri dari satu komponen bahan tidak dapat memberikan hasil yang memuaskan dibandingkan dengan yang dibuat dari emulsi campuran beberapa bahan.

4.1 Kenampakan

Sifat visual suatu *coating* pada akhirnya menentukan penerimaan konsumen terhadap bahan dan produk pangan yang dilapisinya. Baik teknik subjektif dan objektif digunakan untuk mengkarakterisasi sifat optik *coating*, dengan warna permukaan umumnya diukur dengan *colorimeter* dan kejernihan ditentukan oleh spektrofotometri. *Coating* berbasis polisakarida biasanya tidak berwarna, meskipun *coating* berbasis kitosan yang mungkin menghasilkan penampilan yang agak kuning. Namun, intensitas kekuningan dapat diabaikan dibandingkan dengan *coating* berbasis protein *whey*. *Coating* berbasis polisakarida tidak memiliki banyak permasalahan, berbeda dengan *coating* berbasis protein dan lipid yang memiliki beberapa permasalahan seperti kemungkinan adanya reaksi maillard dan reaksi oksidasi.

Kejernihan *coating* merupakan sifat yang penting untuk dipertimbangkan jika *coating* tersebut akan digunakan pada permukaan makanan. Hal ini dapat diukur dengan menggunakan metode yang diusulkan oleh Gontard et al. (1992), di mana

spektrum *film* direkam pada rentang yang terlihat. Kejernihan diperkirakan sebagai area di bawah kurva absorpsi ($Au \times nm$). *Coating* transparan ditandai oleh nilai rendah untuk area di bawah pengukuran kurva penyerapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *coating* berbasis kitosan merupakan yang paling transparan dan *film* pati jagung-kitosan-gliserol yang paling buram serta kejernihan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pati. Namun demikian, nilai kejernihan untuk *coating* berbasis pati masih lebih rendah daripada yang dilaporkan untuk *coating* berbasis gluten gandum yang diperoleh di bawah kondisi pelarutan yang berbeda.

4.2 Kelarutan dalam Air

Kelarutan dalam air adalah faktor penting dalam menentukan kemungkinan aplikasi untuk *edible coating* biopolimer komposit. Kelarutan pada *edible coating* menunjukkan persentase berat kering terlarut setelah dicelupkan dalam air selama 24 jam. *Coating* dengan tingkat kelarutan yang tinggi menunjukkan bahwa *coating* tersebut mudah larut dalam mulut dan mudah dikonsumsi. Kelarutan dipengaruhi oleh komponen hidrofilik dan hidrofobik. Komponen hidrofilik adalah komponen yang suka air atau larut dalam air, sedangkan hidrofobik adalah komponen yang suka lemak atau tidak larut dalam air. Semakin tinggi nilai hidrofilik suatu bahan maka tingkat kelarutannya akan semakin rendah, sehingga semakin tinggi tingkat kelarutan maka kemampuan *edible coating* memiliki ketahanan terhadap air semakin rendah.

Coating berbasis metilselulosa sepenuhnya larut dalam air, sementara *coating* berbasis kitosan memiliki nilai kelarutan air yang lebih rendah. Menurut penelitian, *coating* berbasis komposit metilselulosa-kitosan memiliki kelarutan dalam air sedang, yang menurun dengan meningkatnya konsentrasi kitosan. Jadi, dengan menyesuaikan konsentrasi bahan utama dalam formulasi *coating*, kelarutan dalam air dari *coating* komposit dapat diubah untuk memenuhi persyaratan aplikasi tertentu.

Karakteristik kelarutan dalam air pada *edible coating* atau *film* dapat terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. *Edible coating* atau *film* yang larut dalam air dengan cepat

Secara umum, *coating* yang lemah dapat dengan mudah larut dan mengalami disintegrasi di dalam air. Penambahan gum arab, inulin, *polydextrose*, atau maltodekstrin yang resisten dapat meningkatkan karakteristik *coating*

yang larut dengan cepat dengan hanya sedikit pengurangan kekuatan tarik pada *coating* dapat memberikan ruang untuk penyesuaian lebih lanjut untuk mencapai kelarutan yang diinginkan dalam air. Ada banyak pilihan untuk membuat *coating* yang larut dalam air dengan cepat menggunakan berbagai polimer sebagai bahan matriks. Misalnya pektin, lambda-karagenan, dan metilselulosa dapat digunakan bersama untuk menghasilkan struktur *coating* utama, sementara bahan lainnya dapat ditambahkan untuk melemahkan *coating* agar larut dalam air dengan cepat.

2. *Edible coating* atau *film* yang larut dalam air dengan lambat

Coating yang larut dalam air dengan lambat dapat diproduksi dengan menambah padatan dengan gum yang dapat meningkatkan struktur *coating*, serta dengan melapisi *coating* yang lebih tebal untuk meningkatkan kekuatannya. Penggandaan ketebalan *coating* dapat meningkatkan waktu kelarutan dari 1,4 menjadi 3,3 kali. Penggunaan gum yang menghasilkan *film* yang kuat namun larut dalam air dingin (seperti metilselulosa, HPMC dan konjak) juga akan meningkatkan kekuatan tarik *film* yang dihasilkan, sehingga memungkinkannya larut lebih lambat. Viskositas juga merupakan sifat yang dapat berkontribusi pada kecepatan larut dari *film* atau *coating*. Untuk *coating* yang terdiri dari gum yang membentuk larutan kental, peleburan *coating* akan terhambat secara signifikan, terutama dengan cairan terbatas yang tersedia di mulut selama dikonsumsi.

3. *Edible coating* atau *film* yang tidak larut dalam air

Agar dan *gellan gum* merupakan pilihan terbaik untuk membuat *coating* dan *film* yang tidak larut dalam air, karena keduanya membutuhkan panas tinggi hingga 100°C (agar) dan 95°C (*gellan gum*), untuk melembabkan dan melarutkan sepenuhnya dalam air. Meskipun keduanya relatif mahal, kappa-karagenan merupakan alternatif yang lebih murah untuk menghasilkan *coating* yang tidak larut dalam air dan dapat diterima dalam air dingin atau di mulut. Kappa-karagenan dan gliserol akan menghasilkan *coating* yang hanya sedikit larut dalam air dingin. Mereaksikan alginat dan kalsium dengan *cross-linking* juga menghasilkan *coating* yang memiliki karakteristik kuat, bening dan tidak larut dalam air. Kombinasi ini digunakan untuk mikroenkapsulasi probiotik,

seperti *Lactobacillus acidophilus*, untuk meningkatkan kelangsungan hidupnya dalam lambung.

4.3 Permeabilitas Terhadap Oksigen dan Karbondioksida

Gas yang mempengaruhi bahan pangan yang terdapat pada udara sebagian besar adalah oksigen dan karbondioksida. Konsentrasi gas oksigen menentukan laju reaksi oksidasi yang mungkin terjadi pada bahan pangan, sedangkan gas karbondioksida akan mempengaruhi respirasi. Permeabilitas oksigen dan karbondioksida didefinisikan sebagai laju transmisi oksigen dan karbondioksida melalui suatu unit luasan dari material yang permukaannya rata dan datar sebagai akibat perbedaan tekanan udara pada kedua sisi permukaannya. Permeabilitas terhadap oksigen dan karbondioksida sangat penting karena dengan adanya proses respirasi dan oksidasi akan mempengaruhi kualitas bahan dan produk pangan.

Tabel 4.1 Permeabilitas Oksigen Berbagai Jenis *Edible Film*.

Film	Tebal (mm)	Kondisi Pengujian	Permeabilitas (cm ³ um/m ² d.kPa)
Bahan Baku Protein:			
Kolagen	-	23°C; 0% RH	12.0
Kolagen	-	23°C; 63% RH	23.3
Kolagen	-	23°C; 93% RH	890
Zein: glyserin (4.9:1)	0.1 – 0.3	30°C; 0% RH	13.0-44.9
Gluten: glyserin (3.1:1)	0.23 – 0.42	30°C; 0% RH	9.6-24.2
Gluten: glyserin (2.5:1)	0.101	23°C; 0% RH	3.82
AM: gluten glyserin:	0.0666	23°C; 0% RH	2.67
(0.1:2:5.1)	0.064-0.089	25°C; 75% RH	4.75
Isolat protein kedelai:			
Gliserin (1.7	0.118	23°C; 30% RH	1.03
:1)	0.118	23°C; 75% RH	144-92
Whey prot: sorbitol (1.5:1)	0.118	23°C; 40% RH	2.35
Whey prot: sorbitol (1.5:1)			
WP: sorbitol (1:1)			

Bahan Polisakarida:			
MC: PEG (9:1)	0.04 – 0.07	30°C; 0% RH	149-226
HPC: PEG (9:1)	0.05	30°C; 0% RH	308
HPC: PEG (9:3)	0.10	30°C; 0% RH	910
AM:HPC: PEG (9:9:3)	0.15	30°C; 0% RH	298
M:BW/MC:PEG (11:3:4)	0.05	25°C; 0% RH	960
S:BW/MC:PEG (11:3:4)	0.05	25°C; 0% RH	319
PAMC:PEG (3:9:1)	0.054	24°C; 0% RH	36.5-401
PAMC:PEG (3:9:1)	0.054	24°C; 0% RH	785
Starch	-	24°C	13.130
Amylomaioze	-	24°C	1480
Bahan Baku Lipida:			
Lilin mikrokristalin	0.04 – 0.05	25°C; 0% RH	1540
Besswax	0.04 – 0.05	25°C; 0% RH	931.7
Lilin candelilla	0.04 – 0.05	25°C; 0% RH	175.4
Lilin Carnauba	0.04 – 0.05	25°C; 0% RH	157.2
Asetosterin	-	26°C	1360
Shellac	-	30°C	54.157

Sumber: Krochta *et al.* (1994)

Edible coating berbasis protein merupakan *barrier* gas oksigen yang baik pada kondisi RH yang rendah. Akan tetapi jika RH naik, maka permeabilitas juga akan meningkat. Polisakarida dapat menahan oksigen dengan baik pada RH rendah. *Edible coating* berbasis lipid menunjukkan permeabilitas terhadap oksigen yang sangat tinggi. Permeabilitas terhadap oksigen dan karbondioksida pada *edible coating* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti:

1. Rasio zona kristal dan tidak berbentuk, permeabilitas *coating* meningkat dengan penurunan rasio zona kristalin terhadap zona tidak berbentuk karena adanya permeasi yang terjadi melalui zona tidak berbentuk pada *coating*.
2. Mobilitas rantai polimer.
3. Interaksi spesifik antara gugus fungsi polimer dan gas dalam zona tidak berbentuk.

4.4 Permeabilitas Terhadap Uap Air

Permeabilitas terhadap uap air (*Water Vapor Permeability/WVP*) pada *edible coating* merupakan faktor yang sangat penting untuk mempertahankan sifat-sifat dari bahan dan produk pangan saat penyimpanan seperti kerenyahan, dll. Sifat hidrofilik yang dominan dari polimer alami termasuk protein dan polisakarida menghasilkan karakteristik WVP yang buruk. *Edible coating* yang berasal dari hidrokoloid memiliki ketahanan yang baik terhadap gas O_2 dan CO_2 , namun ketahanan terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya. Oleh karena itu, protein dan polisakarida tidak dapat digunakan sebagai *barrier* terhadap uap air pada permukaan yang mempunyai a_w permukaan tinggi. Hal ini berarti bahwa lapisan hidrofilik sebaiknya dihindari penggunaannya untuk menyimpan buah pada kelembaban relatif yang tinggi.

Coating berbasis pati yang tidak menggunakan *plasticizer* seringkali menghasilkan nilai WVP yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan *plasticizer*. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya pori-pori dan retakan pada *coating* yang tidak menggunakan *plasticizer*. Dengan tidak adanya retakan atau pori-pori, *coating* yang menggunakan *plasticizer* umumnya menunjukkan WVP lebih tinggi dari *coating* yang tidak menggunakan *plasticizer*. Hal ini dapat dilakukan dengan modifikasi struktural pada jaringan pati yang diproduksi oleh *plasticizer* dan sifat hidrofilik dari gliserol yang mendukung penyerapan dan desorpsi molekul air untuk meningkatkan permeabilitas.

Lipid memiliki afinitas yang rendah terhadap air, dan secara signifikan dapat mengurangi WVP. Panjang rantai hidrokarbon pada lipid dapat mempengaruhi WVP. Semakin tinggi jumlah karbon maka semakin rendah WVP, karena bagian apolar dari molekul umumnya meningkat dengan meningkatnya jumlah karbon. Namun, jika jumlah karbon pada lipid lebih tinggi dari 18 berlaku sebaliknya, yaitu WVP semakin tinggi, hal ini disebabkan karena sifat heterogen dari lapisan yang diproduksi. Lipid dengan afinitas yang lebih tinggi terhadap air ketika digunakan sebagai pelapis akan memiliki WVP yang tinggi. Faktor-faktor seperti konsentrasi lipid, keadaan fisik, derajat nonsaturasi dan struktur kimia juga mempengaruhi WVP dari lapisan lipid.

pH juga dapat mempengaruhi WVP pada *edible coating*. Dalam emulsi yang distabilkan dengan protein, ketika muatan netral (*net charge*) mendekati nol pada titik isoelektrik protein, tolakan elektrostatis antara butiran emulsi menjadi lemah dan kemungkinan mobilitas lipid yang menurun karena agregasi protein-protein terjadi dan

mengurangi interkoneksi antara butiran lipid menghasilkan WVP yang lebih tinggi. Pada nilai pH diatas dan di bawah titik isoelektrik protein, butiran emulsi memiliki muatan yang netral (*net charge*) dan terdapat gaya tolak elektrostatis di antara butiran emulsi. Sifat penghalang air terbaik pada *coating* berbasis protein yaitu terdapat pada keadaan pH yang netral.

WVP dapat langsung berhubungan dengan jumlah gugus -OH pada molekul. Selain itu, kondisi lingkungan juga dapat secara signifikan mempengaruhi WVP. Secara umum, kelembaban yang relatif tinggi (RH 90%) dan suhu penyimpanan rendah (-30°C) dapat meningkatkan WVP. Perez-Gago dan Krochta (2000) telah meneliti pengaruh suhu pengeringan pada WVP *edible film* berbasis isolat protein whey dan mengamati bahwa WVP menurun secara signifikan ketika suhu pengeringan meningkat. Laju transmisi uap air (*Water Vapor Transmission Rate* (WVTR) adalah jumlah uap air yang melalui suatu permukaan *film* persatuan luas.

$$\text{Water Vapor Transmission Rate (WVTR)} = n / t.A$$

Dimana : n = jumlah uap air (ml)

t = waktu (jam)

A = luas *film* (cm²)

Dengan kata lain WVTR adalah *slope* dari hubungan jumlah uap air yang melakukan transmisi dibagi waktu. Perbedaan utama WVTR dan WVP adalah dalam hal penentuan nilai WVP yang selalu dilakukan pada kondisi di mana tebal dari *film*, suhu dan perbedaan tekanan parsial uap air diketahui. Data menunjukkan bahwa kondisi percobaan sangat penting dalam menyatakan kuantitas permeabilitas. Kondisi ini disebabkan karena nilai-nilai permeabilitas, difusibilitas, dan solubilitas tergantung pada suhu dan kelembaban relatif (RH). *Edible coating* dari bahan baku protein memiliki WVTR yang tinggi. Variasi antara *coating* dari bahan baku protein juga menunjukkan nilai yang besar, misalnya WVTR dari gluten dengan plastisizer gliserin (ASTM, 1980). *Edible coating* dari polisakarida umumnya memiliki daya tahan terhadap air yang kurang baik. Akan tetapi jika ditambah *plasticizer*, maka akan menurunkan WVTR yang lebih rendah dari protein. Penambahan lipid terhadap *coating* berbasis polisakarida akan menurunkan WVTR. Permeabilitas uap air berbagai jenis *film* diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Permeabilitas Terhadap Uap Air Berbagai Jenis *Edible Film*

Film	Tebal (mm)	Kondisi Pengujian	Permeabilitas (g.mm/m ² d.kPa)
Bahan Baku Protein:			
Zein: glyserin (4.9:1)	0.12-0.33	21°C;85% RH	7.69-11.49
Gluten: glyserin (3.1:1)	0.38-0.42	21°C;85% RH	52.1-54.4
Gluten: glyserin (2.5:1)	0.101	23°C;0/11% RH	4.84
Gluten: glyserin (2.5:1)	0.140	26°C;50/100% RH	108.4
Sodium caseinate (SC)	0.083	25°C;0/81% RH	36.7
SC pH 4.6	0.072	25°C;0/86% RH	22.3
SC:acetylated MGS (2:8)	0.040	25°C;0/84% RH	15.8
Whey prot: glyserin (1.6:1)	0.106	21°C; 0/11% RH	6.64
Whey prot:sorbitol (1.6:1)	0.129	21°C; 0/79% RH	62.0
WP:beeswax:sorbitol (3.5:1.8:1)	0.162	21°C;0.94% RH	20.4
Bahan Polisakarida:			
HPMC	0.019	27°C;0/85% RH	9.12
HPMC:stearic acid (0.8:1)	0.019	27°C;0/85% RH	0.026
HPMC:PEG (9:1)	0.036	25°C;85/0% RH	0.6048
SA:PA:HPMC:PEG	0.041	25°C;85/0% RH	0.048
SA:PA:HPMC:PEG	0.041	25°C;97/0% RH	0.336
SA:PA:HPMC:PEG	0.041	25°C;97/65% RH	1.92
SA:PA:MC:HPMC:PEG	0.056	25°C;97/0% RH	0.058
M.BW/MC:PEG (11.3:4)	0.05	25°C;0/100% RH	0.096
M.BW/MC:PEG (11.3:4)	0.05	25°C;97/65% RH	1.48
SA:HPMC (1:1.1)	0.19	25°C;0/97% RH	0.106

Bahan Baku Lipida:			
Acetylated monoglyceride	-	25°C; 85/0% RH	2.00-5.30
Parafin wax	-	25°C; 85/0% RH	0.00190
Chocolate	-	25°C; 97/0% RH	1.06
Beeswax	0.04-0.05	25°C; 97/0% RH	0.0502
Microcrystallin	0.09-0.11	25°C; 0/100% RH	0.0292
Lilin carnauba	0.09-0.11	25°C; 97/65% RH	0.0285
Lilin candelila	0.09-0.11	25°C; 0/97% RH	0.0152

Sumber: Krochta, *et al.* (1994)

4.5 Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Sebelum pengaplikasian *edible coating* pada bahan dan produk pangan, penting untuk membentuk larutan *coating* menjadi *film* untuk diuji kekuatan tariknya. Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang penting bagi *edible film* dan *coating*. Kekuatan tarik merupakan suatu pengukuran terhadap sifat mekanik *edible film* dan *coating*. Kekuatan tarik adalah tahanan maksimum yang dapat ditahan suatu *film* sebelum putus dengan satuan MPa. Parameter tersebut dapat digunakan sebagai indikator dalam pemilihan suatu *edible film* dan *coating*. Kriteria *edible film* dan *coating* yang baik adalah memiliki kekuatan tarik yang tinggi, karena hal ini akan mempengaruhi kekuatan *edible film* dan *coating* terhadap kontak fisik dengan benda lain sehingga tidak mudah sobek dan bahan yang dilapisi menjadi tahan lama.

Kekuatan mekanik *edible film* dan *coating* tergantung pada jenis bahan pembentuknya, terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk membentuk kuat tidaknya ikatan molekul antar rantai polimer. Penggunaan plasticizer pun dapat meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan gaya intermolekuler antara rantai polimer pembentuk *film* dan *coating*. Selain itu, kekuatan tarik dapat dipengaruhi oleh jumlah padatan. Semakin besar konsentrasi padatan yang ditambahkan, maka kekuatan renggang putus *film* juga semakin meningkat karena adanya interaksi antar polimer semakin kuat.

Sifat kekuatan tarik merupakan sifat fisik yang berhubungan dengan kekuatan *edible film* dan *coating* untuk menahan kerusakan fisik pada saat pengemasan bahan pangan. *Edible film* dan *coating* dengan nilai kekuatan tarik paling tinggi diharapkan

dapat menahan kerusakan fisik maksimal, sehingga kerusakan yang akan diterima produk menjadi minimal. *Edible film* dan *coating* dengan kekuatan tarik yang tinggi akan mampu melindungi produk yang dilapisinya dari gangguan mekanis dengan baik.

4.6 ¹ Persen Elongasi

Persen elongasi adalah persen pertambahan panjang bahan ¹ateri *film* dan *coating* dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus. Fleksibilitas *edible film* dan *coating* dipengaruhi oleh polaritas senyawa pembentuknya. Senyawa yang bersifat polar menyebabkan terjadinya ikatan antara air-polimer, sehingga ikatan antar polimer menjadi berkurang.

Persen elongasi sangat penting untuk diketahui, karena dapat membantu mengetahui tingkat keplastisan dari *edible film* dan *coating*. Pada *edible film* dan *coating*, semakin tinggi nilai persen elongasi maka akan semakin plastis, sebaliknya semakin rendah akan bersifat rapuh. Persentase elongasi *edible film* dan *coating* dikatakan baik jika nilainya lebih dari 50% dan dikatakan jelek jika nilainya kurang dari 10%. Penambahan padatan terlarut dan *plasticizer* berpengaruh dalam kinerja rantai polimer sehingga mempengaruhi persen pemanjangan *edible film* dan *coating*. Bentuk, jumlah atom karbon dalam rantai dan jumlah gugus hidroksil yang terdapat dalam molekul *plasticizer* akan mempengaruhi sifat mekanis *edible film*.

Bab V

Metode *Coating*

Metode penggunaan *edible coating* pada buah dan sayuran menurut Grant dan Burns (1994) dapat berupa pencelupan (*dip application*), pembuihan (*foam application*), penyemprotan (*spray application*), penetes (*drip application*) dan sebagainya. Cara aplikasi ini tergantung pada jumlah, ukuran, sifat produk dan hasil yang diinginkan. *Edible coating* dapat terbentuk dengan cara melapisi produk pangan menggunakan cairan pelapis dengan berbagai metode.

5.1 *Dipping Coating*

Metode ini sangat cocok untuk melapisi bahan dan produk pangan dengan permukaan atau bentuk yang tidak beraturan. Bahan dan produk pangan yang memiliki permukaan atau bentuk yang tidak beraturan memerlukan usaha yang lebih untuk menghasilkan *coating* yang seragam.



Gambar 5.1 Metode *Dipping*.

(Sumber: chitosanlab.com)

Hasil akhir *coating* dari metode *dipping* ini cenderung kurang seragam dibandingkan dengan metode-metode lainnya. Hal ini dapat disiasati dengan melakukan *multiple dipping* dimana bahan dan produk pangan dicelup dua kali dengan adanya tahap pengeringan diantara proses pencelupan untuk memastikan agar larutan *coating* melapisi seluruh permukaan bahan dan produk pangan dengan sempurna. Emulsi dapat bekerja dengan baik dengan membiarkan *coating* mengering sebelum proses pencelupan yang selanjutnya.

Proses *dipping* terdiri dari 5 (lima) tahap, yaitu:

1. Perendaman, substrat direndam dalam larutan bahan pelapis dengan kecepatan konstan (lebih disukai bebas filter).
2. *Start-up*, substrat tetap berada di dalam solusi untuk sementara waktu dan mulai ditarik ke atas.
3. Deposisi, lapisan tipis menempel pada substrat saat ditarik ke atas. Penarikan dilakukan dengan kecepatan konstan. Kecepatan menentukan ketebalan lapisan (penarikan lebih cepat menghasilkan material lapisan lebih tebal).
4. *Drainase*, cairan berlebih akan mengalir dari permukaan.
5. Evaporasi, pelarut menguap dari cairan, membentuk lapisan tipis. Untuk pelarut yang mudah menguap, seperti alkohol, penguapan sudah dimulai selama tahap pengendapan.

Dalam proses *dipping*, langkah-langkah dilakukan secara langsung secara bertahap. Banyak faktor yang berkontribusi untuk menentukan keadaan akhir dari lapisan *dipping* ini. Berbagai macam bahan penyusun dan ketebalan lapisan *dipping* dapat diulang dan dapat dibuat dengan mengendalikan berbagai faktor, yaitu:

- Fungsionalitas permukaan substrat awal.
- Waktu perendaman.
- Kecepatan penarikan.
- Jumlah siklus pencelupan.
- Komposisi larutan.
- Konsentrasi dan suhu.
- Kelembaban lingkungan.

Aplikasi *dipping* yang pertama kali dilakukan yaitu oleh industri jeruk florida di mana buah-buahan dimasukkan ke dalam tangki berisi emulsi *coating*. Buah umumnya

masuk ke pengering atau dikeringkan dengan udara di lingkungan sekitarnya. Ketebalan *coating* ditentukan oleh keseimbangan gaya pada titik stagnasi pada permukaan cairan. Kecepatan penarikan yang lebih cepat menarik lebih banyak cairan ke permukaan produk sebelum sempat mengalir kembali ke dalam larutan. Ketebalan lapisan dipengaruhi oleh viskositas dan densitas dari larutan *coating* dan tegangan permukaan dari produk yang dilapisi.

Edible coating dapat diaplikasikan dengan mencelupkan produk ke dalam larutan *coating* dan kemudian membiarkan kelebihan pelapisan mengalir saat mengering dan mengeras. Metode *dipping* telah umum digunakan untuk melapisi buah, sayuran dan produk daging. Komoditas secara langsung dicelupkan ke dalam formulasi pelapis komposit dalam larutan air, dihilangkan dan dibiarkan kering.

Metode *dipping* dapat menghasilkan *coating* yang seragam yang berkualitas tinggi, tetapi membutuhkan kontrol yang sangat teliti dan lingkungan yang steril dan biasanya hanya memadai untuk sejumlah kecil komoditas. Untuk menghasilkan permukaan yang seragam, maka pelapisan seluruh permukaan komoditas sangat penting. Oleh karena itu, cairan yang digunakan tetap dibiarkan selama beberapa menit sampai pelarut menguap. Pengeringan menggunakan panas pada permukaan bahan sangat diperlukan dengan berbagai cara, termasuk teknik termal dan ultraviolet (UV) konvensional tergantung pada formulasi larutan *coating*. Mencelupkan secara terus-menerus bahan/produk ke dalam cairan akan mengakibatkan penumpukan organisme, tanah, dan sampah yang seharusnya tidak ada di tangki celup. Tangki celup dapat dilengkapi dengan keranjang berpori yang dapat diangkat untuk menyaring dan menghilangkan serpihan. Selain itu, buah yang masuk ke dalam tangki celup harus benar-benar kering untuk menghindari pengenceran larutan resin atau emulsi. Karenanya, metode pelapisan lain lebih diinginkan di mana banyak buah dan sayuran harus dilapisi. Selain itu, residu larutan *coating* dapat menjadi masalah karena semuanya merupakan senyawa organik.

Penting untuk digaris bawahi bahwa ketika menggunakan metode ini, larutan *coating* harus diencerkan dan adanya residu yang diproduksi secara signifikan. Berbagai contoh penggunaan teknik pencelupan *dipping* telah dilaporkan. Peningkatan umur simpan yang signifikan untuk tiram dicapai dengan mencelupkannya ke dalam natrium asetat (10 g/L), larutan yang menghasilkan *coating* dengan natrium alginat (40 g/L) dan penggunaan lebih lanjut dari kondisi pengemasan atmosfer yang dimodifikasi (MAP) (0:75 O₂: CO₂). Selain itu, peneliti lain mengevaluasi metode pencelupan dengan

melapisi buah pepaya dengan kappa-karagenan wortel dengan sodium alginat sebagai strategi pengemasan untuk memperpanjang umur simpan produk pangan segar.

5.2 *Dripping Coating*

Metode *dripping* merupakan metode *coating* yang paling ekonomis dan memiliki kemampuan untuk membentuk lapisan secara langsung ke permukaan bahan/produk. Namun, karena ukuran tetesannya relatif besar, keseragamannya hanya dapat dicapai ketika tetesannya jatuh secara langsung tepat pada bahan/produk. Metode *dripping* umumnya digunakan untuk pelapisan produk hortikultura dan sangat baik untuk menghasilkan pelapis seragam yang berkualitas tinggi, tetapi membutuhkan kontrol yang teliti dan lingkungan yang bersih dan steril.

5.3 *Spreading Coating*

Metode ini juga dikenal sebagai teknik *brushing*. Metode *spreading* terdiri dari penyebaran suspensi yang terkontrol ke permukaan produk dan selanjutnya dikeringkan. Metode ini dianggap sebagai alternatif yang valid untuk penerapan *coating* dengan dimensi yang lebih besar. Ketebalan suspensi *coating* dapat dikontrol oleh pisau yang terpasang pada bagian bawah dari alat *spreader* dan pengeringan pun dilakukan oleh alat itu sendiri dengan sirkulasi udara panas. Dua parameter dapat digunakan untuk menunjukkan penyebaran cairan yaitu tingkat pembasahan dan tingkat penyebaran. Pengukuran sudut kontak biasanya digunakan untuk mengevaluasi tingkat penyebaran/keterbasahan dari permukaan oleh cairan tertentu. Penyebaran dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti:

- Media, kekasaran permukaan dan geometri dari produk yang akan dilapisi.
- Kondisi sistem, seperti suhu dan kelembaban relatif (RH), dan sifat cairan (viskositas, Tegangan permukaan dan kepadatan).
- Viskositas, memiliki efek utama karena berkaitan dengan ketahanan cairan untuk menyebar pada permukaan padat. Karena itu, penyebaran cairan yang sangat kental lebih sulit dibandingkan cairan dengan viskositas rendah.

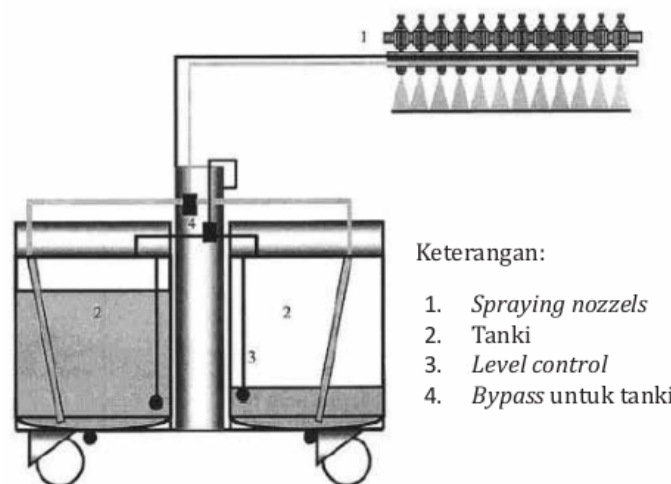
5.4 *Foaming Coating*

Aplikasi *foaming coating* menggunakan beberapa emulsi *coating*. Bahan yang menghasilkan busa ditambahkan ke *coating* atau melalui udara tekan yang dihembuskan ke dalam tangki aplikator. Proses *foaming* yang luas diperlukan untuk memecahkan busa agar penyebarannya seragam. Metode *foaming* diterapkan untuk komoditas yang bergerak di atas roller dan flap kain atau kuas mendistribusikan emulsi secara merata di atas permukaan komoditas. Jenis emulsi ini mengandung sedikit air dan karenanya mengering cepat, tetapi keseragamannya yang tidak merata sering menjadi masalah. Aplikasi *foaming* berguna untuk beberapa emulsi *coating*. Agen berbuisa ditambahkan ke lapisan atau udara terkompresi ditiupkan ke tangki aplikator. Oleh karena itu, hubungan yang tepat antara faktor-faktor ini dan kinerja sistem pelapisan elektrostatik cair untuk aplikasi makanan masih belum banyak diketahui. Terlepas dari kesulitan-kesulitan ini, pelapisan elektrostatik cair telah menunjukkan harapan besar dalam beberapa aplikasi, termasuk pelapisan roti dengan minyak sayur yang dapat dimakan dan pelapisan produk penganan dan cokelat.

5.5 *Spray Coating*

Metode *spray coating* merupakan metode yang paling sering digunakan untuk melapisi permukaan produk pangan. Metode ini lebih mudah dikontrol dibandingkan metode *panning* dan *fluidized-bed*. Metode ini dapat digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan metode *pan coating*, *spray coating*, *drum coating*, *screw coating* dan *fluidized-bed coating*. *Spray* yang digunakan memungkinkan segala jenis larutan *coating* seperti cairan, suspensi, lemak cair dan coklat dapat membentuk *coating* tipis maupun tebal.

Spraying nozzle memegang peranan penting pada saat proses *coating*. Efisiensi dalam penyemprotan tergantung pada tekanan, viskositas larutan *coating*, suhu dan tegangan permukaan larutan *coating* serta bentuk desain dari *spray nozzle*. Sehingga dapat mempengaruhi laju aliran, ukuran dari tetesan, jarak dan sudut penyemprotan serta *overlap rate*. Kadang-kadang disarankan untuk memanaskan produk setelah proses penyemprotan agar dapat mempercepat proses pengeringan dan meningkatkan keseragaman larutan *coating* pada permukaan makanan.



Keterangan:

1. *Spraying nozzels*
2. *Tanki*
3. *Level control*
4. *Bypass untuk tanki*

Gambar 5.2 *Spray Coater*.

(Sumber: Debeaufort dan Voiley, 2009)

Fluida yang muncul dari *nozzle* dengan kecepatan rendah dikelilingi oleh aliran udara terkompresi kecepatan tinggi (hingga 8 bar). Gesekan antara cairan dan udara molekul mempercepat dan mengganggu aliran fluida dan menyebabkan atomisasi. Atomisasi bertekanan (tanpa udara) terjadi karena tekanan tinggi (34–340 bar) memaksa cairan melalui nozzle kecil (ujung semprotan) yang muncul sebagai lembaran. Gesekan antara fluida dan molekul udara mengganggu alirannya, awalnya memecah menjadi fragmen dan akhirnya menjadi tetesan. Aliran cairan tekanan tinggi menyediakan energi yang cukup untuk mempertahankan viskositas dan tegangan permukaan fluida dengan cara membentuk tetesan kecil. Sedangkan teknik atomisasi tanpa udara dengan bantuan udara, yaitu menggabungkan fitur penyemprotan udara dan teknik vakum. Hal ini didasarkan pada prinsip atomisasi tanpa udara dengan penambahan dari aliran udara terkonsentrasi untuk mendapatkan tetesan dengan cara yang lebih terkontrol.

Hasil dari metoda *spraying coating* adalah kumpulan tetesan bergerak sebagai hasil dari proses atomisasi untuk memecah curahan cairan dengan mempertimbangkan:

- Peningkatan area permukaan cair, yang merupakan masalah penting dalam proses, dimana diperlukan prosrs penguapan yang cepat.
- Pembentukan permukaan yang rata, karena dispersi tetesan menghasilkan lapisan dengan pola spasial yang homogen dan ketebalan yang terkontrol. Hal ini penting untuk mengevaluasi kinetika pelepasan aditif antimikroba.

- Pengurangan biaya, karena teknik penyemprotan biasanya proses yang cepat dan efisien terhadap pelarut dan material yang digunakan.

Metode *spray coating* dipraktikkan secara komersial pada komoditi hortikultura yaitu mangga dan apel yang diekspor. *Spray coating* adalah metode paling populer untuk melapisi buah utuh dan sayuran, terutama dengan aplikator semprotan bertekanan tinggi dan sistem atomisasi udara. Aplikasi *spray coating* juga cocok saat menerapkan *coating* ke sisi tertentu seperti yang dilakukan dengan pelapisan alginat.

Minat dalam aplikasi industri *spray coating* dalam kemasan sangat meningkat, tidak hanya karena dapat menekan biaya, tetapi juga oleh tingginya kualitas produk akhir. Hal ini dapat dicapai jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh dari penggunaan teknik konvensional menggunakan suhu tinggi. Teknik penyemprotan akan menghasilkan produk yang seragam, ketebalan dapat dikontrol dan kemungkinan aplikasi multilayer. Sistem penyemprotan tidak mencemari lapisan dan memungkinkan kontrol terhadap suhu. Cairan yang disemprotkan menggabungkan zat hidrofobik dan hidrofilik. Semprotan dapat menghasilkan pelapisan dengan dua larutan, dengan mengaplikasikan larutan emulsi yang terbentuk sebelum atomisasi, atau dengan membentuk lapisan ganda setelah dua kali penyemprotan. Aplikasi dari *coating* bilayer memiliki kerugian karena membutuhkan empat langkah (dua kali aplikasi semprot dan dua kali proses pengeringan). Dengan menggunakan teknik ini, larutan *coating* dengan viskositas rendah dapat dengan mudah disemprotkan pada tekanan tinggi. Distribusi *drop-size* dari larutan *coating* yang disemprotkan dapat mencapai 20 meter, sedangkan *electrospraying* dapat menghasilkan partikel yang seragam lebih rendah dari 100 nm dari larutan polimer dan biopolimer. Selanjutnya, pembentukan lapisan polimer dengan penyemprotan juga dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor lain, seperti waktu dan suhu pengeringan.

Metode *spraying* lebih menarik minat industri dibandingkan dengan metode *dipping* dan *dripping* terutama karena dua faktor yang berbeda yaitu potensi pengurangan biaya dengan menerapkan teknik *spraying* dan tingginya kualitas produk akhir yang dapat dihasilkan jika dibandingkan dengan produk yang diperoleh menggunakan teknik konvensional.

5.6 Pan Coating

Metode *panning* biasa digunakan oleh industri farmasi dan industri permen. Metode ini dilakukan dengan cara menempatkan produk ke dalam wajan besar yang digerakan oleh mesin sehingga dapat berputar (*rotating pan*). Produk bergerak terus menerus selama proses pelapisan di mana larutan *coating* dituangkan atau disemprotkan ke dalam *rotating pan* agar terdistribusi secara merata ke permukaan produk. Setelah itu produk yang sudah dilapisi dikeringkan menggunakan udara dengan atau tanpa menggunakan suhu tinggi. Keuntungan dari metode ini yaitu dapat menghasilkan *coating* yang berlapis-lapis (beberapa mikron dalam sekali proses) pada produk pangan seperti permen dan coklat.

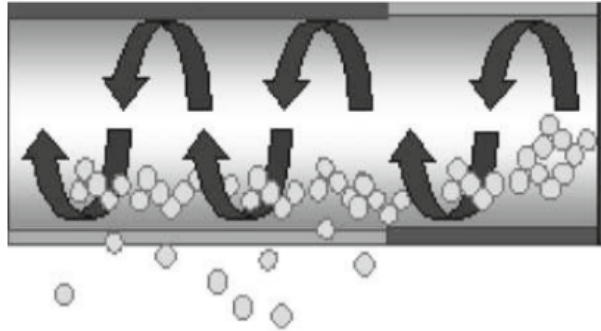


Gambar 5.3 Metode Pan Coating.
(Sumber: tradeindia.com)

Terdapat 3 tipe metode *panning*, yaitu *soft panning*, *hard panning* dan *chocolate panning*. *Soft panning* biasa digunakan di industri manisan gula dan *soft candy*. Bahan *coating* dapat berupa larutan gula yang dilapisi cukup sekali pada produk kemudian ditambahkan dengan gula tepung. *Hard panning* biasa digunakan di industri *hard candy* dimana bahan *coating* dilapisi berkali-kali pada permen sehingga dapat menghasilkan lapisan yang keras. Sedangkan *chocolate panning* menggunakan larutan coklat sebagai *coating*.

5.7 Drum Coating

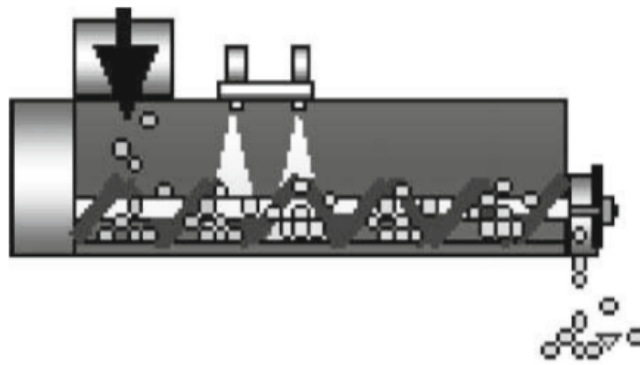
Metode *drum coating* biasanya merupakan teknik pelapisan yang baik untuk *coating* tipis maupun tebal pada produk pangan yang keras atau padat dalam proses yang kontinyu. Metode ini biasa digunakan untuk melapisi kacang dengan minyak dan gula, melapisi *cornflakes* dengan coklat serta melapisi makanan ringan dengan bumbu-bumbu.



Gambar 5.4 Metode *Drum Coating*.
(Sumber: Debeaufort dan Voiley, 2009)

5.8 Screw Coating

Metode *screw coating* menggunakan alat bernama *screw coater* di mana alat ini memungkinkan pengaplikasian lapisan *coating* tipis pada produk pangan berupa padatan dan keras dalam proses yang kontinyu. Metode ini pun baik digunakan untuk melapisi produk pangan dengan permukaan yang lengket tanpa terjadi aglomerasi.

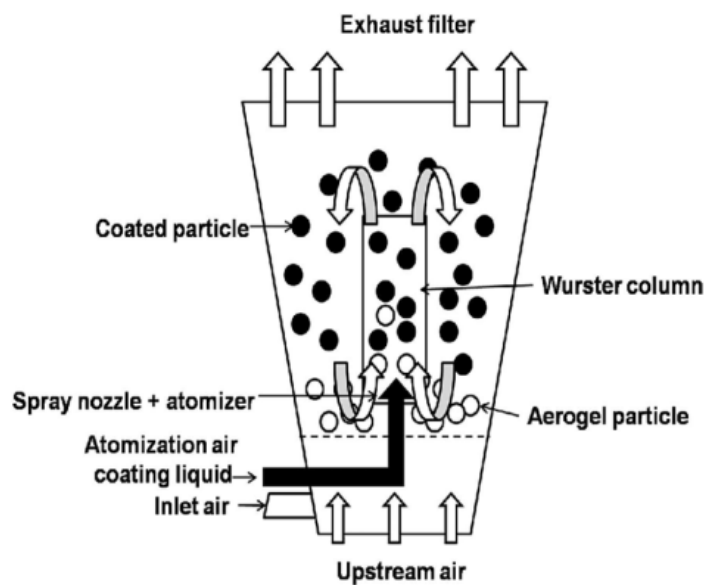


Gambar 5.5 *Screw Coater*.
(Sumber: Debeaufort dan Voiley, 2009)

Alat ini menggunakan suhu tinggi dan penghancuran untuk melunakkan dan melelehkan polimer, sehingga memungkinkan lapisan kohesif terbentuk pada bahan dan produk pangan. Metode ini memiliki keunggulan karena prosesnya lebih cepat dan membutuhkan sedikit energi karena larutan *coating* yang lebih terkonsentrasi dan dimasukkan kedalam mesin.

5.9 *Fluidized-bed Coating*

Metode *fluidized-bed processing* biasa digunakan oleh industri farmasi untuk melapisi tablet. Metode ini digunakan untuk mengurangi pembentukan lapisan produk yang tidak merata, dimana kekurangan ini terdapat pada metode *panning*.



Gambar 5.6 Metode *Fluidized-bed Coating*.
(Sumber: *sciencedirect.com*)

Metode ini mampu menghasilkan lapisan *coating* yang sangat tipis pada produk yang berbentuk partikel kering dengan densitas yang kecil dan atau ukuran yang kecil. Bubuk difluidisasi dengan udara panas dan disemprotkan bersamaan dengan cairan pengikat. Proses ini menyebabkan adhesi pada partikel, aglomerasi dan aglomerat yang kering. Metode ini berlaku untuk proses *batch* dan kontinyu.

5.10 *Enrobing*

Metode *enrobing* merupakan pelapisan *coating* tebal yang biasa digunakan pada produk segar atau beku dengan adonan sehingga dapat meningkatkan palatabilitas. Metode ini dilakukan dengan mencelupkan produk pada larutan, lipid cair atau pelapis berbasis coklat.

Pada produk berbasis coklat, suhu pada saat proses *enrobing* harus dipertahankan sekitar 21-24°C dan coklat harus memiliki viskositas dan sifat reologi yang diinginkan. Hal ini disebabkan apabila suhunya dingin maka akan menyebabkan migrasi lemak keluar produk dan retaknya *coating* karena adanya ekspansi massa produk pada saat dihangatkan yang dapat terjadi karena adanya konversi kristal karena adanya proses tempering yang tidak sesuai atau dapat disebabkan karena adanya migrasi lemak dari produk di mana lemak ini dapat menembus lapisan coklat dan membentuk kristal lemak coklat.



Gambar 5.7 Mesin *enrobing* coklat.

(Sumber: *alibaba.com*)

Cara kerja dari mesin *enrobing* coklat yaitu *coating* coklat dipertahankan pada suhu konstan dan dalam kondisi yang terkendali dalam tangki yang teraduk, kemudian dipompa ke panci aliran. Panci aliran membantu proses dengan membuat tirai kontinyu dari *coating* yang mengarah pada pembentukan lapisan *coating* yang membanjiri pita mesh dan melapisi produk. Coklat yang berlebih dihilangkan dari produk oleh

peniup udara dan roller untuk mengontrol jumlah coklat yang menempel pada produk. Biasanya setelah peniup udara ada *vibrator* untuk membantu menghilangkan kelebihan coklat dan untuk meningkatkan penampilan dari produk yang dilapisi. Coklat yang berlebih jatuh ke tangki dan diresirkulasi. Setelah proses pelapisan, produk memasuki terowongan pendingin untuk mendinginkan *coating*. Suhu harus dijaga hingga sekitar 18°C untuk mendinginkan *coating* dan produknya. Untuk menghindari adanya produk yang mengembang atau *coating* yang retak, perubahan suhu di dalam terowongan harus bertahap dan RH nya dikontrol dengan baik.

Sifat fisiko-kimia dari produk *enrobed* penting karena dua alasan, yaitu: *pertama*, jika sifat kristalisasi atau aliran tidak benar akan menghasilkan produk berkualitas rendah yang mungkin harus dijual murah sebagai produk cacat atau mungkin harus dilapisi ulang. *Kedua*, atribut sensorik sangat penting untuk diterima atau tidaknya produk oleh konsumen. Produk *enrobed* tidak mungkin dibeli jika tidak terlihat mengkilap, atau lebih buruk lagi jika terjadi migrasi lemak keluar produk. Salah satu karakteristik visual penting dari produk *enrobed* adalah kilap. Jika permukaan datar dengan banyak kristal kecil yang terjadi dengan proses *temper* dan pendinginan yang benar, produk tampak mengkilap.

Bab VI

Aplikasi *Edible Coating* Pada Bahan dan Produk Pangan

Hampir setiap sektor industri pangan dapat menggunakan *edible coating* yang diformulasikan dengan tepat untuk memenuhi tantangan yang terkait dengan pemasaran makanan yang aman, bergizi, stabil, ekonomis, dan berkualitas tinggi. Komponen tertentu dari produk pangan dapat mengalami reaksi yang dapat merusak dengan komponen lain yang dapat menyebabkan perubahan warna dan atau kualitas gizi. Salah satu metode yang praktis untuk memisahkan komponen makanan komposit adalah dengan mengaplikasikan *edible film/coating* pada produk pangan tersebut.

6.1 Buah dan Sayur

¹ Untuk memperpanjang umur simpan buah dan sayur yang terolah minimal diperlukan penanganan yang tepat dan optimum. Salah satu alternatif yang diharapkan dapat menekan laju penurunan mutu buah dan sayur yang terolah minimal dan memperpanjang umur simpannya adalah melapisinya dengan *edible coating* dikombinasikan dengan penyimpanan pada suhu rendah. Penyimpanan suhu rendah merupakan salah satu cara untuk menghambat laju penurunan mutu buah-buahan karena akan mengurangi laju penguapan air, memperlambat laju reaksi kimia dan laju pertumbuhan mikroba. Semakin rendah suhu penyimpanan, semakin lambat laju reaksi kimia, aktivitas enzim dan pertumbuhan mikroba.

Semua buah-buahan dan sayuran memiliki lapisan lilin alami di permukaannya, yang berfungsi untuk menjaga kadar air. Adanya proses pembersihan pada buah-buahan atau pengemasan dengan pengemas dapat merusak lapisan lilin alami dan meningkatkan laju respirasi pada buah-buahan. Oleh karena itu, dilakukan penambahan *edible coating*

pada buah-buahan dan sayuran. Lilin (Lilin carnauba, *beeswax*, lilin parafin) dan minyak (minyak mineral, minyak sayur) telah digunakan secara komersial sejak tahun 1930-an sebagai lapisan pelindung untuk buah dan sayuran segar.

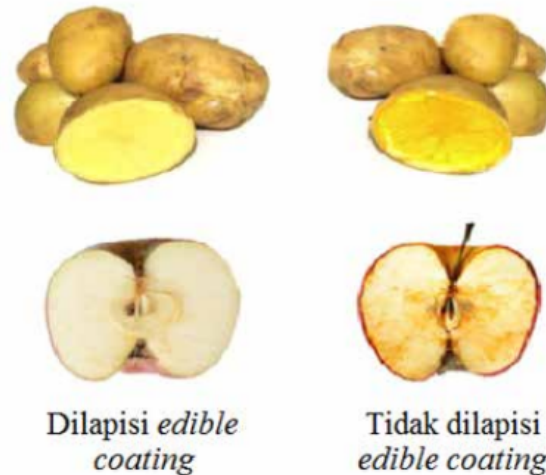


Gambar 6.1 Atas : Apel Fuji tanpa *edible coating* (kiri) dan dengan *edible coating* (kanan).
Bawah: Tomat Sir Elyan Fuji tanpa *edible coating* (kiri) dan dengan *edible coating* (kanan).
(Sumber: Ranieri, 2017).

Edible coating dapat meningkatkan karakteristik kualitas eksternal dan internal dari beragam komoditas dan juga mengurangi dehidrasi dan oksidasi serta perubahan warna, rasa, dan tekstur yang tidak diinginkan. *Coating* dapat menunda pematangan dan penuaan produk segar dan dapat meningkatkan stabilitas mikroba. Teknologi ini relatif murah, mudah ditangani dari teknologi pengolahan pasca panen dari sudut pandang produsen maupun pengguna komersial. *Edible coating* pada buah dan sayur dapat bertindak sebagai pelumas untuk mengurangi cedera permukaan, luka dan gesekan. Dengan berkurangnya cedera pada buah, kerusakan akibat mikroorganisme patogen pun berkurang. Selain itu, pengaplikasian jenis *coating* tertentu dapat mengurangi populasi mikroba pada permukaan buah dan sayur.

Penggunaan *edible coating* untuk memperpanjang masa simpan produk pangan segar sudah banyak dilakukan, yaitu dimulai dengan praktik pelapisan bahan pangan dengan lemak seperti lilin (*wax*) untuk memperlambat kekeringan pada produk. *Edible coating* memiliki sifat yaitu menahan penguapan air pada produk, memiliki permeabilitas selektif terhadap gas tertentu, mengendalikan perpindahan padatan untuk mempertahankan warna pigmen alami dan gizi serta menjadi pembawa bahan aditif seperti pengawet, perwarna dan penambah aroma yang dapat memperbaiki kualitas bahan pangan.

Beberapa keuntungan penggunaan *edible coating* yaitu dapat melindungi produk segar yang bersifat mudah rusak dengan menekan laju respirasi pada buah-buahan dan sayuran, dapat meningkatkan kualitas tekstur, membantu mempertahankan senyawa volatil dan meminimalisir terjadinya kontaminasi mikroba.



Gambar 6.2 Tingkat browning dan pelunakan pada sampel apel (bawah) dan kentang (atas) yang tidak dilapisi dan dilapisi *edible coating* setelah 10 hari penyimpanan pada suhu 4°C.

(Sumber: Porta et al., 2013)

1 Pelapisan *edible coating* pada permukaan buah dan sayuran segar telah banyak dicoba pada berbagai macam buah dan sayur. Pelapisan yang dilakukan pada tomat menggunakan *edible coating* berbasis *corn zein* (protein) dapat menghambat perubahan warna tomat selama penyimpanan. Hal ini disebabkan sifat penahan (*barrier*) lapisan *corn zein* terhadap transmisi gas oksigen dan karbondioksida yang lebih rendah dibandingkan *shink wrap film*.

Coating berbasis karbohidrat seperti selulosa atau pektin, menghasilkan lapisan yang mengkilap dan tidak lengket ketika diaplikasikan pada buah dan sayur saat kering, tetapi seringkali memberikan tekstur licin yang tidak diinginkan ketika buah dan sayur menjadi basah dengan adanya kondensasi, seperti yang sering terjadi setelah buah dan sayur dikeluarkan dari penyimpanan suhu dingin. Namun, *coating* berbasis polisakarida tidak menghasilkan lapisan yang mengkilap sehingga dapat diperoleh dengan lapisan shellac, lilin carnauba, atau zein jagung.

Beberapa turunan selulosa seperti MC dan CMC dapat digunakan sebagai *edible coating* yang dapat memberikan proteksi terhadap oksigen, minyak dan atau uap air. Selain itu juga dapat mempertahankan ketegaran dan kerenyahan apel, macam-macam *berry*, persik, seledri, selada dan wortel. Kitosan yang digunakan sebagai *coating* pada irisan buah mangga dapat memperlambat laju kehilangan air, penurunan kualitas sensorik, meningkatkan kadar padatan terlarut dan menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Selain dapat menjadi lapisan *barrier* terhadap gas dan uap air, *edible coating* dapat ditambahkan dengan bahan aktif seperti senyawa antimikroba dan nutrisi. Kappa-karagenan secara efektif dapat ditambahkan senyawa anti mikroba *food grade* seperti *lysozyme*, nisin, ekstrak biji anggur dan EDTA. Selain itu, *edible coating* pun dapat ditambahkan senyawa anti *browning* seperti asam askorbat untuk meningkatkan nilai sensorik dan mengurangi tingkat mikroba pada irisan apel.

Pengaplikasian senyawa anti mikroba dan fungisida dalam emulsi *edible coating* telah dipelajari pada berbagai jenis buah. Beberapa peneliti melaporkan hasil yang baik dalam menambahkan imazalil pada jeruk valencia, asam sorbat, tiabendazol dan benomil pada jeruk bali; 2, 6-dichloro-4-nitroaniline (DCNA) pada buah persik dan nektarin, tiabendazol pada pepaya, iprodine dan kitosan pada strawberry, serta captan dan thiram pada tomat.

Suatu penelitian dilakukan pada buah durian terolah minimal akibat pengaruh formulasi bahan *edible coating* yang terdiri dari pektin bermetoksi rendah (LMP), gum arab, gelatin, isolat protein kedelai, tepung maizena, gelatin dan gliseril monostearat (GMS) dengan penambahan gliserol dan kalsium klorida dengan penyimpanan pada suhu beku. Formula tersebut dan penyimpanan pada suhu dingin berpengaruh terhadap susut bobot, kadar air, kadar oksigen dan karbondioksida dalam kemasan, kekerasan, kadar gula total, kadar vitamin C, total bakteri dan uji organoleptik, namun tidak berpengaruh terhadap pH, total asam, total khamir dan kapang buah durian terolah minimal. Hasil prediksi kinetika laju degradasi vitamin C terhadap buah durian terolah minimal yang dilapisi *edible coating* menunjukkan reaksi orde pertama dengan persamaan linier $Y = -0,4517x + 1,9955$ dan mutu buah dapat dipertahankan selama 44 hari.

Edible coating berbasis *guar gum* ketika dikombinasikan dengan kalium sorbat dapat mempertahankan konsentrasi kalium sorbat pada permukaan produk, yang terbukti efektif terhadap jamur yang diisolasi dari sayuran dan melindungi kehilangan

kalium sorbat selama penyimpanan. Viskositas tinggi dari larutan *guar gum* (konsentrasi 1,0% (b/v)) menghasilkan *film* pada permukaan komoditas makanan yang membantu dalam memperpanjang umur simpan produk. *Coating* yang dihasilkan dari *guar gum* menunjukkan konsentrasi kalium sorbat terbesar pada permukaan apel dan tomat dibandingkan dengan polisakarida lainnya seperti pati. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pelapisan dimakan *guar gum* meningkatkan kualitas dan umur simpan kesemek dan sayuran tomat selama penyimpanan.

Pengaruh kitosan 1% dan alginat 3% yang diperkaya dengan ekstrak daun zaitun (EDZ) terhadap kualitas ceri manis telah diteliti. Secara keseluruhan, proses pematangan dan peningkatan anthocyanin dapat ditunda dengan penggunaan lapisan terutama yang terdiri dari kitosan dalam kombinasi dengan EDZ. Asam askorbat dan total konten fenolik berkurang pada akhir penyimpanan 20 hari dalam sampel yang dilapisi kitosan dan alginat yang diperkaya dengan EDZ. Nilai aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dinyatakan sebagai persentase penghambatan DPPH yang dilaporkan berkorelasi dengan kandungan *phytochemical*. Dapat disimpulkan bahwa pelapisan kitosan dan alginat yang diperkaya dengan EDZ dapat menjadi efisien untuk memperpanjang umur simpan ceri manis.

Semangka segar (*citrullus lanatus*) dilapisi dengan tiga larutan berbeda: natrium alginat, pektin dan kalsium laktat, dan disimpan pada suhu 4°C selama 15 hari. Gliserol digunakan sebagai *plasticizer* di semua bahan. Natrium alginat ditambahkan ke larutan dalam tiga konsentrasi berbeda (0,5, 1 dan 2 g/100 g). Serbuk enkapsulasi *trans-cinnamaldehyde* (2 /100 g) ditambahkan ke dalam larutan sebagai agen antimikroba aktif. Sampel semangka yang dilapisi natrium alginat menunjukkan yang terendah kandungan mikroorganisme psikrotrofik dan koliform, Selain itu juga mengurangi pertumbuhan ragi. Blewah potong segar (*Cucumis melo L.*) dilapisi dengan kitosan (0,5, 1, 2 g/100 g, pektin (0,5, 1, 2 g /100 g), dikemas dalam *trans-cinnamaldehyde* (1, 2, 3 g/100 g) dan disimpan dalam kondisi dingin kondisi pada suhu 4°C. Para peneliti menyimpulkan bahwa konsentrasi antimikroba tertinggi agen (3 g/100 g) lebih efektif (4,44 pengurangan siklus log) terhadap populasi aerob daripada sampel yang tidak dilapisi pada hari ke 15. Namun, pelapisan dengan kitosan tanpa agen aktif lainnya tidak menunjukkan penghambatan yang signifikan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Biopolimer pektin juga digunakan untuk melapisi kesemek segar (*diospyros kaki*). *Edible coating* diuraikan dari larutan dasar apel pektin pada 10 g/kg emulsi dengan asam oleat dan Tween 80, sedangkan gliserol ditambahkan sebagai *plasticizer*. Sebagai agen anti-*browning*, 10 g/kg asam sitrat dan 10 g/kg kalsium klorida (CaCl_2) ditambahkan ke dalam larutan pelapis. Akhirnya, nisin ditambahkan sebagai agen antimikroba di 500 internasional unit (IU) per mL. Buah kesemek dikupas, dipotong dan dicelupkan ke dalam larutan pelapis selama 3 menit. Setelah dicelupkan, potongan buah dikeringkan sebelum ditempatkan pada nampan *polypropylene* dan disegel dengan *film* polipropilen-poliethilen tereftalat. Setelah delapan hari inkubasi, penghambatan pertumbuhan bakteri aerob mesofilik diamati, sementara *edible coating* juga dapat mengurangi populasi *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* dan *Listeria monocytogenes*.

Penggunaan *edible coating* sangat umum dalam penanganan buah stroberi (*Fragaria ananassa*) sebagai konsekuensi kehidupan yang pendek setelah dipanen, metabolisme yang tinggi dan pembusukan oleh mikroba. *Edible coating* berbasis bahan aktif pada pektin dan kitosan dengan natrium benzoat dan kalium sorbat telah dilaporkan sebagai *coating* antimikroba potensial untuk stroberi. Analisis mikrobiologis menunjukkan bahwa aplikasi pelapisan mengurangi jumlah bakteri aerob, pertumbuhan jamur dan ragi, dengan kitosan menawarkan hasil terbaik dalam tes pertumbuhan mikroba. *Edible coating* natrium alginat (1%, b/v) dan pektin (2%, b/v) diperkaya dengan minyak atsiri (sitral pada 0,15% dan 0,3%, b/v, dan eugenol pada 0,1% dan 0,2%, b/v) juga menunjukkan efek antimikroba terhadap mesofilik aerobik dan psikofilik bakteri, jamur dan ragi.

Hasil serupa dilaporkan untuk raspberry yang dilapisi dengan formulasi yang sama. *Edible coating* yang diperkaya dengan sitral dan eugenol sangat efektif dalam mengurangi pembusukan mikroba. Misalnya, minyak atsiri atau konstituennya dalam matriks alginat mampu mengurangi pembusukan mikroba pada nanas segar dan apel fuji. Biopolimer lain yang digunakan untuk melapisi produk buah juga telah digunakan sebagai pembawa minyak atsiri dalam kemasan aktif buah antimikroba. Kitosan telah dilaporkan sebagai pelapis untuk blueberry dengan penambahan tiga senyawa dengan sifat antimikroba, yaitu: *carvacrol*, *cinnamaldehyde* dan *trans-cinnamaldehyde* (0,5%, b/v). Campuran kitosan dengan minyak esensial adalah lapisan paling efektif terhadap bakteri aerob mesofilik dan juga membantu mengurangi populasi bakteri dan ragi/kapang.

Efek anti jamur terhadap *Colletotrichum gloeosporioides* dari getah arab (10%, b/v), lidah buaya (2%, b/v) dan kitosan (1%, b/v) sendiri atau dalam kombinasi dengan minyak thyme (1%, b/v) dipelajari pada buah alpukat. Studi ini merekomendasikan formulasi kitosan dengan minyak thyme (3: 1, v/v) sebagai lapisan anti jamur potensial untuk penyimpanan alpukat. Lada telah banyak dilapisi ke berbagai matriks karena sangat rentan terhadap kerusakan dingin pada suhu di bawah 7°C. Namun, pada suhu dingin terjadi beberapa peningkatan dalam pecahnya permukaan lada dan konsekuensinya peningkatan kerentanan terhadap kontaminasi oleh mikroorganisme yang berbeda, khususnya oleh *Colletotrichum capsici*, agen penyebab utama antraknosa.

Penambahan minyak atsiri sereh pada 0,5% dan 1,0% (b/b) menjadi 0,5 dan 1,0% (b/b) kitosan telah berhasil mengendalikan antraknosa pada paprika. Bahkan, pertumbuhan jamur itu dikontrol secara efektif oleh minyak esensial serai 0,5% dan 1,0% (b/b), sedangkan aplikasi 1,0% (b/b) kitosan dengan 0,5% (b/b) dari minyak atsiri sereh efektif sebagai lapisan antimikroba untuk paprika yang disimpan pada suhu kamar selama 21 hari. *Bergenia crassifolia* adalah sumber alami lain yang harus dipertimbangkan dalam perlindungan lada. Efek antimikroba dari ekstrak etanol dari daun bergenia telah terbukti pada lapisan dengan konsentrasi yang berbeda (0,4%, 1%, 2%, 5%, 10%, 20%, b/v). Sampel dilapisi dengan pelarut antimikroba yang menunjukkan pengurangan pertumbuhan mikroba sebesar 1 log CFU/ml bila dibandingkan dengan kontrol (tanpa dilapisi).

Coating dengan konsentrasi yang berbeda dari *xanthan gum*, guar dan chitosan mengurangi pertumbuhan *salmonella sp.* *Edible coating* dengan pati dan carvacrol dalam labu yang diproses minimal mengurangi kontaminasi oleh *escherichia coli*, *salmonella enterica serotipe typhimurium*, *aeromonas hydrophila* dan *staphylococcus aureus*. *Coating* berbasis Zein dengan asam benzoat sebagai agen antimikroba telah berhasil diuji pada kualitas labu iris. Setelah diamati tidak ada pertumbuhan jamur, dan terjadi penurunan jumlah total bakteri aerob mesofilik di sekitar tingkat 1,0 log yang diamati pada sampel yang dilapisi. Zein juga telah digunakan sebagai *edible coating* untuk melapisi tomat ceri. Di sisi lain, informasi formulasi lilin juga digunakan dalam *batch* yang berbeda sebagai agen antibakteri. Formulasi lilin ternyata sudah sering mengendalikan penyebaran *Salmonella enterica* dalam tomat ceri yang disimpan pada suhu 10 derajat Celsius hingga tiga minggu. Hasil dari riset tersebut menunjukkan

populasi *Salmonella typhimurium* berkurang 4,6 dan 2,8 log CFU/g oleh lapisan zein dengan 20% kayu manis dan minyak mustard 20%, masing-masing. Lapisan yang sama mengurangi populasi *Salmonella typhimurium* ke level di bawah batas deteksi. Namun, tidak ada aktivitas antimikroba yang diamati pada lapisan buah dengan menggunakan lilin komersial.

Sifat antimikroba dari lapisan kitosan (1%, v/v) diperkaya dengan empat senyawa bioaktif, yaitu: *bee pollen*, ekstrak etanol propolis, ekstrak kering delima dan resveratrol dan tujuh minyak esensial, yaitu: pohon teh, rosemary, cengkeh, lemon, oregano, *calendula* dan lidah buaya di berbagai konsentrasi terhadap bakteri mesofilik dan psikrotrofik, yaitu *Escherichia coli* dan *Listeria Monocytogenes*. Dilakukan pada brokoli yang diproses secara minimal. Uji in vitro dilakukan di pohon teh, *rosemary*, serbuk sari dan propolis menunjukkan efek penghambatan yang luar biasa pada *Escherichia coli* dan *Listeria Monocytogenes*. Secara umum, analisis secara in vivo, *rosemary* tidak menunjukkan efek signifikan pada pengurangan populasi bakteri. Pelapisan kitosan dengan teh memberikan efek bakteristatik pada bakteri mesofilik dan psikrotrofik. Pelapisan kitosan pada buah delima menghasilkan pengurangan yang signifikan terhadap jumlah bakteri mesofilik dan psikrotrofik. Sampel brokoli dilapisi dengan kitosan dan propolis menunjukkan pengurangan jumlah patogen yang signifikan (1,0–2,0 log CFU g/1) hingga lima hari. Ketika serbuk sari ditambahkan pada kitosan, terjadi efek penghambatan yang signifikan terhadap jumlah bakteri mesofilik dan psikrotrofik (2,0–2,5 log CFU g/1), dibandingkan dengan sampel kontrol yang diamati.

Penelitian telah dilakukan pada kuntum bunga kol yang dilapisi maltodekstrin (7,5 g/l) dan metilselulosa (2,5 g/l) menggunakan asam laktat, ekstrak jeruk dan minyak atsiri sereh sebagai agen antimikroba pada konsentrasi mulai dari 0–34 mg/l. Penelitian lain telah dilakukan pula terhadap penghambatan total *L. Innocua* setelah tujuh hari penyimpanan pada suhu 4°C. Mikroorganisme yang sama berkurang pada kacang hijau (*Phaseolus vulgaris L.*) yang dilapisi dengan chitosan yang dimodifikasi (3% N-palmitoyl chitosan, derajat palmitoylation 47%) mengandung 0,05% b/b nano emulsi dari minyak atsiri jeruk mandarin. Kitosan termodifikasi (0,05% b/b) dalam 1% (v/v) larutan asam laktat, yang diperkaya dengan 0,1% b/b dari minyak atsiri lemon yang dimodifikasi berhasil digunakan sebagai lapisan antimikroba rucola selama penyimpanan pada suhu 4°C selama tiga hari dan pada suhu 8°C selama 21 hari. Setelah tiga hari penyimpanan dalam kondisi dingin, jumlah mikroba dalam sampel yang dilapisi tetap konstan di-

bandingkan dengan hari pertama, sedangkan kontrol menunjukkan peningkatan yang signifikan.

Tabel 6.1 Aplikasi dari *Edible Coating* pada Sayur dan Buah.

Produk pangan	Bahan edible coating	Efek pada produk pangan
Jambu Biji	Dextrons	Penghalang gas, memperbaiki ukuran, mempertahankan warna, aroma dan kandungan air
	Pati kentang	Tidak berpengaruh terhadap pH, gula dan kekerasan
	Selulosa	Memperlambat pelunakan, memiliki padatan terlarut lebih rendah dan lebih rentan penghitaman pada permukaan
Jambu	Minyak palm	Menahan efek pencucian
	Carnauba wax	Memperlambat pematangan dan mengurangi kehilangan air dan proses penuaan buah
Pepaya	Gel lidah buaya	Mengontrol PLW, proses pematangan (perubahan senyawa kimia, mengembangkan warna dan pelunakan jaringan buah) dan membusuk
Cherry	CMC	Mengurangi kehilangan air dan mengurangi keasaman
	Gel lidah buaya	Mencegah penguapan air dan kekerasan, mengontrol laju respirasi dan kematangan, menunda <i>browning</i> oksidatif dan mengurangi perkembangan mikroorganisme
Pisang	Gum Arab dan Kitosan	Menunda perubahan warna dan mengurangi laju respirasi dan pembentukan etilen, memelihara kualitas keseluruhan

Nanas	Kitosan	Memperpanjang umur simpan
	Natrium alginat dan <i>gellan gum</i>	Mengontrol kehilangan berat, menjaga kekencangan daging buah, dan memperlambat laju respirasi pada suhu $10\pm 1^{\circ}\text{C}$ dan RH 65%
	Alginat	Membantu mempertahankan cairan internal
Apel	Gel lidah buaya	Menunda kehilangan total fenol dan asam askorbat
		Menunda kehilangan berat pada buah, perubahan warna, pelunakan dan pematangan yang dipercepat, <i>browning</i> , dan terjadinya pembusukan, memperpanjang umur simpan dan mengurangi jumlah mikroba awal
	CMC	Menunda <i>browning</i> lebih efektif ketika digunakan sebagai <i>edible coating</i> daripada dalam bentuk larutan
	Kalsium kaseinat dan protein whey	Memperlambat proses <i>browning</i>
	Karagenan + konsentrat protein whey	Mempertahankan warna asli selama penyimpanan tanpa adanya perubahan sifat sensoris
	Konsentrat protein whey + <i>beeswax</i>	Mengurangi <i>browning</i> pada permukaan
	Galactomannan dan kolagen	Menurunkan jumlah produksi CO_2 dan konsumsi O_2 sekitar 50%
	Wax, minyak	Memperpanjang umur simpan
	Parafin + <i>beeswax</i> + minyak kedelai + CMC	Mengurangi total padatan, keasaman yang dapat dititrasi dan kehilangan asam askorbat serta memperpanjang umur simpan sampai dengan 34 hari

Anggur	Gel lidah buaya	Mencegah penguapan air dan kekencangan, mengontrol laju respirasi dan perkembangan pematangan, menunda <i>browning</i> oksidatif dan mengurangi perkembangan mikroorganisme
	HPMC	Memperlambat kehilangan berat pada buah dan mengontrol konsumsi oksigen, lebih baik dalam keamanan mikroba
Melon	Alginat	Menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan berkurang hingga 3.1 log CFU/g setelah 30 hari penyimpanan
	MC	Mengurangi pertumbuhan mesophilic aerobes, psychrotrophs, ragi dan jamur serta mengontrol pertumbuhan E. Coli, Staphylococcus aureus, Salmonella sp. <10 CFU/g
Strawberry	Kitosan-lemon essential oil	Memperlambat laju respirasi dan memperpanjang umur simpan pada suhu 5°C
	Pati	Menghambat pertumbuhan bakteri aerob mesofilik, jamur dan ragi
	Kitosan 1%	Mencegah pertumbuhan mikroba dan mengurangi kehilangan berat pada buah

Mangga	Cashew gum	Berfungsi sebagai penghalang transportasi berat dan mengurangi kehilangan berat pada buah
	Potongan mangga	Menunda kehilangan berat pada buah, penurunan kualitas dan mencegah pertumbuhan mikroba
	Galactomannan dan kolagen	Efektif dalam mengurangi konsumsi O ₂ dan produksi CO ₂
	Carnauba wax	Efektif dalam memperlambat pematangan buah, mempertahankan ketegasan buah dan memperbaiki atribut kualitas buah termasuk kadar asam lemak dan senyawa volatil. Dapat juga mengurangi kehilangan berat buah, memperpanjang umur simpan dan meningkatkan warna kulit dasar buah
Lengkeng	Kitosan	Menunda perubahan berat pada buah, penurunan kualitas dan karakteristik organoleptik serta mengurangi populasi mikroba secara efektif diikuti dengan memperpanjang umur simpan pada suhu 1°C
Pir	MC	Memperpanjang umur simpan dengan memperlambat <i>browning</i>
	Alginat, gellan	Mencegah <i>browning</i> selama 2 minggu
	Kitosan	Mengurangi pertumbuhan <i>Alternaria kikuchiana</i> dan <i>Physalospora piricola</i>
Pir huanghua	Shellac	Mempertahankan tekstur (terutama untuk kerapuhan), mempertahankan aktivitas POD yang lebih tinggi dan aktivitas hidrolase dinding sel yang lebih rendah seperti PE, PG dan selulase

Ceri	Gelatin	Mengurangi penguapan air
	Zein jagung	Mempercepat pematangan dan penurunan jumlah jamur
	Isolat Protein Kedelai (IPK)	Mengurangi keasaman
Kiwi	Konsentrat protein whey dan minyak <i>rice bran</i>	Mempertahankan warna, ketegasan, rasa dan penerimaan keseluruhan dari buah, memperlambat peningkatan keasaman dan penurunan berat buah
Jeruk	<i>Beeswax</i> dan lemak	Memperlambat kehilangan air dan mencegah pengeringan buah
Persik	Wax	Mengurangi laju perubahan sifat fisiko-kimia dan mempertahankan kualitas buah agar tetap baik
Markisa	Carnauba wax	Menurunkan persentase kehilangan kesegaran dan meningkatkan retensi air relatif serta mengurangi persentase persentase kulit dan meningkatkan persentase daging buah dan daging buah/kulit
Delima	Minyak + pati	Mengurangi pelunakan aril, penurunan berat buah dan persentase indeks browning, kehilangan vitamin C, kehilangan antosianin dan memperlambat pembusukan oleh mikroba

Tomat	Kitosan	Menghasilkan kekerasan, mengurangi kerusakan dan mengurangi pigmen merah dari kontrol
	Zein jagung	Memperlambat perubahan warna dan pematangan, mengurangi kehilangan ketegasan dan berat buah, memperpanjang umur simpan serta menghambat produksi etanol
	Mineral oil wax	Mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan, mengurangi kehilangan berat buah dan ketegasan
Brokoli	Kitosan	Mengurangi semua populasi mikroba dan memperpanjang umur simpan
Bawang putih	Agar-agar + 0,2% kitosan + 0,2% asam asetat	Mengurangi kehilangan air, menghambat jamur berfilamen dan bakteri aerob mesofilik, mengurangi laju respirasi, mengurangi transmisi uap air
Wortel	Kitosan	Meningkatkan kenampakan dan mempertahankan warna dan respon mekanis lebih baik
	Pati	Menambah efisiensi dehidrasi osmotik dan meningkatkan total padatan lebih dari 30%
	Sodium kaseinat dan asam stearat	Menurunkan indeks keputihan dan dapat membantu melembabkan wortel
Biji artichoke	Kitosan	Mengurangi aktivitas berbagai macam jamur dan meningkatkan pertumbuhan tanaman
Zucchini	Kasein	Mengurangi kehilangan air
Terong	Protein kedelai + beeswax	Mencegah pelunakan jaringan dan mengurangi proses browning pada jaringan
Kentang	Kalsium kaseinat dan protein whey	Memperlambat browning

Paprika	Kalsium kaseinat dan protein whey	Berfungsi sebagai hambatan gas yang efektif untuk CO ₂ dan O ₂ internal, menghambat perubahan warna dan mengurangi pembusukan
Paprika hijau	Mineral oil	Mengurangi penguapan air, mempertahankan ketegasan dan kesegaran paprika
Kenari dan kacang pinus	Isolat protein whey + pati kacang polong + carnauba wax	Mencegah ketengikan oksidatif dan hidrolitik, meningkatkan kelembutan dan rasa serta meningkatkan karakteristik sensoris

(Sumber : Kore et al., 2017)

6.2 Daging dan Unggas

Pada tahun 1950-an, beberapa industri pengolah daging di Amerika Serikat menerapkan *coating* dari lilin mikrokristalin pada daging beku, seperti daging sapi, sapi muda, domba, daging dan hamburger. *Edible coating* dengan sifat *barrier* uap air yang baik dapat membantu meringankan masalah hilangnya uap air pada daging. Adanya penguapan air selama penyimpanan daging segar atau beku dapat menyebabkan perubahan tekstur, rasa, dan warna, serta juga mengurangi bobot yang dapat dijual. Misalnya, ketika daging dikeluarkan dari kondisi vakum, terjadi penurunan berat sebesar 3-5% karena penguapan air. Aplikasi *edible coating* sebelum pengemasan vakum dapat mencegah hilangnya uap air ini, sehingga memiliki dampak ekonomi yang penting dengan meningkatkan berat produk yang dapat dijual.



Gambar 6.3 (a) dada ayam segar. (b) dada ayam segar yang dilapisi *edible film* (c) dada ayam segar yang dilapisi *edible film* setelah di masak dalam oven (140°C, 15 menit).

(Sumber: Guerrero, et al., 2014).

Edible coating dapat secara substansial meningkatkan kualitas daging, unggas, dan makanan laut. Pada daging segar, unggas, atau potongan ikan yang dikemas dalam *tray* plastik, cairan *juice* yang menetes dari produk terjadi membuat tampilannya tidak menarik bagi konsumen. *Edible coating* dapat menahan cairan, mencegah tetesan, meningkatkan presentasi produk, dan menghilangkan kebutuhan untuk menempatkan bantalan penyerap di bagian bawah *tray*. Selain itu, *edible coating* dapat mengurangi tingkat ketengikan yang menyebabkan oksidasi lipid dan oksidasi mioglobin yang menyebabkan warna coklat pada daging.



Gambar 6.4 (a) *beef burger* yang dilapisi *edible film* (b) *beef burger* yang dilapisi *edible film* setelah di masak dalam oven (140°C, 15 menit).

(Sumber: Guerrero, et al., 2014)

Berbagai *edible coating* berbasis polisakarida seperti pati dan turunannya, alginat, karagenan, selulosa dan pektin telah digunakan untuk meningkatkan kualitas produk daging dan unggas. *Coating* berbasis polisakarida tidak berminyak dan memiliki daya tarik visual sehingga digunakan sebagai *coating* pada produk daging. Selain itu, *coating* berbasis polisakarida merupakan *barrier* yang baik untuk gas, namun bersifat hidrofilik sehingga permeabilitas terhadap uap airnya buruk. CMC telah dilaporkan dapat meningkatkan adhesi pada proses *breeding* setelah daging dipanggang ketika digunakan dalam campuran *breeding* komersial. Turunan lain dari selulosa, metilselulosa (MC) atau hidroksipropil metilselulosa (HPMC) membentuk gel termal yang bersifat reversibel dan telah digunakan untuk memproduksi saus yang mengkilap untuk produk unggas dan makanan laut yang dapat meminimalkan *run-off* selama proses pemasakan, sehingga mengurangi hilangnya kelembaban.

Coating berbasis protein juga terbukti dalam meningkatkan kualitas dari daging dan produk unggas. *Coating* yang paling umum digunakan adalah *coating* berbasis gelatin, selain itu ada pula larutan asam, larutan gelatin dan polimer metafosfat serta larutan

logam gelatinat yang digunakan sebagai *coating* pada produk olahan daging seperti sosis, bacon Kanada dan ham bertulang untuk menghambat pertumbuhan jamur dan oksidasi lipid serta mengurangi penanganan kerusakan. *Coating* berbasis gelatin telah digunakan pada produk unggas untuk mencegah pertumbuhan mikroba, penguapan air dan menghambat penyerapan minyak selama penggorengan. *Coating* berbasis gelatin juga telah digunakan sebagai *carrier* antioksidan pada produk unggas.

Coating berbasis gelatin memiliki kekuatan yang kurang kuat dibandingkan dengan *coating* berbasis kolagen. Kolagen yang direkonstitusi atau diregenerasi dan *casing* pada sosis merupakan penggunaan *edible coating* pada industri daging yang paling berhasil secara komersial. *Casing* digunakan dalam produksi sosis untuk menahan adonan daging untuk mendapatkan bentuk dan ukuran yang diinginkan. *Casing* alami seperti usus babi, domba, kambing sapi dan kuda telah menjadi *casing* sosis tradisional yang telah digunakan sepanjang sejarah.



Gambar 6.5 Berbagai macam sosis yang menggunakan *casing*.

(Sumber: [pinterest.co.uk](https://www.pinterest.co.uk))

Karena kekurangan sumber-sumber alami, saat ini *casing* sosis dibuat dari polimer pembentuk *film* dengan memanfaatkan kolagen, selulosa, dan plastik seperti poliamida, polipropilen, dan polietilen. *Casing* kolagen yang lebih higienis dan seragam muncul sebagai alternatif untuk *casing* usus. Dibandingkan dengan *casing* alami, *casing* kolagen juga memiliki kekuatan dan fleksibilitas yang lebih baik. *Casing* kolagen menghasilkan produk yang lebih seragam dan kontrol yang lebih baik terhadap berat produk bersih pada kecepatan pemrosesan yang tinggi. Selain itu, dengan adanya penyerapan asap dan warna asap oleh kolagen, siklus pengasapan dapat dipersingkat, sehingga mengurangi

penyusutan produk akibat pengasapan.

Selain kolagen, protein lain seperti kasein, protein *whey*, protein kedelai, gluten gandum, zein jagung dan albumin telur juga telah diselidiki dalam produksi *edible coating* pada produk daging. *Coating* berbasis bahan-bahan tersebut merupakan *barrier* yang baik untuk gas seperti oksigen dan karbon dioksida dan dapat melekat dengan baik pada permukaan hidrofilik. Tetapi karena bersifat hidrofilik, *coating* ini biasanya merupakan *barrier* kelembaban yang buruk sehingga membatasi penerapannya dalam produk daging. Juga, ada beberapa kekhawatiran mengenai potensi alergenisitasnya, terutama dalam penggunaan susu, telur, kacang, kedelai dan protein beras dalam *film* dan pelapis.

Selain *coating* berbasis polisakarida dan protein, beberapa literatur pun menyebutkan tentang efektivitas lilin, lemak dan minyak sebagai *edible coating* pada daging. Sebuah penelitian dilakukan dengan cara mencelupkan seluruh ayam berbumbu ke dalam lilin cair, minyak mineral, minyak jagung, atau lemak hewani sebelum pembekuan. Minyak mineral dan lilin dapat membantu mengurangi hilangnya kelembaban dari unggas beku lebih baik dari minyak jagung atau lemak hewani. Penelitian lainnya dilakukan dengan melapisi daging yang baru saja dipotong menggunakan tetesan lemak cair (lemak sapi, lemak babi) kemudian diendapkan. Didapatkan hasil bahwa daging potong yang menggunakan *edible coating* lebih unggul daripada sampel daging potong yang tidak dilapisi dalam hal warna dan retensi kelembaban selama penyimpanan pada 2-4°C.

Daging sapi dan *chicken drumstick* dilapisi menggunakan *coating* berbasis alginat atau pati jagung dengan mencelupkannya terlebih dahulu ke dalam larutan *coating* tersebut dan kemudian dicelupkan ke dalam larutan kalsium klorida. *Coating* tersebut efektif dalam mengurangi kehilangan uap air dan menghambat penyusutan selama 1 minggu penyimpanan dalam suhu dingin. Selain itu, *coating* tersebut memberikan peningkatan kesegaran, tekstur, warna dan aroma di dalam daging. Namun, kalsium klorida menyumbang rasa pahit. Kalsium glukonat, nitrat, atau privonat memberikan rasa yang lebih dapat diterima, namun karena sifat pengionannya yang lemah, lapisannya tidak sekuat yang terbentuk dengan kalsium klorida.

Coating berbasis alginat yang di gelasi oleh kalsium klorida dapat mengurangi penurunan berat karkas domba selama penyimpanan dalam lemari pendingin. Meskipun

coating berbasis alginat tidak seefektif *film* plastik dalam mencegah penurunan berat karkas, jumlah bakteri berkurang secara signifikan pada karkas yang dilapisi alginat.

Daging sangat mudah terkontaminasi oleh beberapa patogen, khususnya oleh *Listeria monocytogenes*. Faktanya, salah satu tantangan utama dalam industri daging adalah menghindari kontaminasi ulang oleh mikroorganisme pada produk siap saji. Dilaporkan bahwa kemungkinan kontaminasi pada produk daging di Amerika Serikat dan Kanada masing-masing berkisar 0,4%-71% dan 0%-21%. Industri daging mengusulkan strategi baru untuk menghilangkan masalah ini dan menekan kerugian ekonomi yang diakibatkannya melalui pengembangan inovatif *edible coating* berbaasis antimikroba, didukung dalam matriks biopolimer. Misalnya, ekstrak mustard sebesar 0,5% (b/v) ditambahkan pada karagenan (0,2%, b/v) dan pelapis berbasis kitosan (2%, b/v) dibuat menggunakan asam malat atau asetat 1,5%. Formulasi ini mengakibatkan pengurangan viabilitas lima strain *Listeria monocytogenes* yang berbeda yang diinokulasi pada irisan ayam panggang pada penyimpanan dengan suhu 4°C. Para peneliti ini memperluas penerapan lapisan ini pada bakteri *Campylobacter*. Pentingnya mikroorganisme ini adalah karena prevalensinya bertanggung jawab terhadap kontaminasi pada produk pangan.

Selain itu, ekstrak mustard dalam konsentrasi hingga 300 mg/g ditambahkan karagenan- (0,2%, b/v) dan pelapis berbasis kitosan (2%, b/v) dibuat menggunakan asam asetat (1%, v/v), dan efeknya terhadap *Campylobacter jejuni* pada dada ayam segar yang dikemas vakum dan disimpan pada suhu 4°C. Para peneliti menyimpulkan bahwa pelapis yang mengandung 200-300 mg/g ekstrak mustard mengurangi populasi *Campylobacter jejuni* pada dada ayam dibandingkan dengan yang hanya dilapisi dengan karagenan/kitosan.

Agen antimikroba lain telah digunakan pada *edible coating* berbasis "Bio" yang aktif terhadap *Listeria monocytogenes*. Dalam konteks ini, *thyme* (*Thymus vulgaris* L.) dan asam propionat (keduanya di 0,5%, b/b) telah dilaporkan sebagai agen antimikroba yang efektif apabila ditambahkan ke *edible coating*, seperti natrium alginat dan sorbito masing-masing pada konsentrasi 1% (b/b). Bahkan, agen aktif ini dapat meningkatkan umur simpan dan meningkatkan keamanan ayam segar terhadap kontaminasi *Escherichia coli* dan *Listeria innocua*. Campuran asam laktat, nisin dan laurat arginat ditambahkan pada konsentrasi yang berbeda sebagai bagian dari *edible coating* berbasis lilin (4%, b/v) untuk mengurangi pertumbuhan *Brochothrix thermosphacta*, *Listeria*

monocytogenes dan *Micrococcus luteus* dalam. Kombinasi optimal agen antimikroba adalah 17,5 mg/mL asam laktat, 3,75 mg/mL nisin dan 0,0625 mg/mL laurat arginat yang menunjukkan efek antimikroba tertinggi. Daging mentah menunjukkan aktivitas air tinggi dan tingginya kandungan nutrisinya, yang memungkinkan pertumbuhan bakteri sehingga akan menimbulkan kerugian besar berupa penurunan kualitasnya apabila disimpan pada suhu dingin.

Penggunaan *edible coating* adalah alternatif yang menjanjikan untuk meningkatkan kualitas daging. Namun, penelitian lebih dalam diperlukan karena sebagian besar *coating* ini tidak meningkatkan umur simpan daging secara signifikan. Alternatif lain didasarkan pada penggunaan bioaktif pada *edible coating*, yaitu kitosan (2% b/v) dengan minyak cengkeh (0,05% v/v) dan atau etilen-diamina-tetra-asetat (10 mM) untuk mengurangi pertumbuhan *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada irisan daging tanpa lemak pada suhu 4°C.

Penelitian yang sama mengungkapkan bahwa pemanasan yang berulang-ulang setelah penyimpanan tidak cukup untuk mengurangi risiko kontaminasi dari populasi *Listeria monocytogenes* pada sampel daging sapi panggang. Namun demikian, risiko ini berkurang di apabila disimpan pada suhu dingin selama 30 hari sekitar 0,9-0,3 log CFU/cm² ketika dilapisi dengan kitosan 5% (b/b) dalam larutan asam mengandung 2% (v/v) asam asetat, laktat dan levulinat dan 20% (v/v) ester arginat laurat. Sebagai kesimpulan, penelitian ini menunjukkan efektivitas antimikroba dari produk *edible coating* terhadap mikroba patogen yang diinokulasi pada produk daging yang berbeda, seperti daging ayam serta produk daging siap saji, seperti daging sapi panggang.

6.3 Makanan Laut

Makanan laut memiliki umur simpan yang paling pendek dan paling mudah rusak selama proses penyimpanan dan transportasi daripada daging dan unggas. Selama penyimpanan kesegarannya menurun setelah kematian karena berbagai reaksi biokimia (perubahan protein dan kandungan lipid, dan pembentukan amina biogenik dan hipoksantin) dan kerusakan akibat mikroorganisme. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas sensorik dan nilai gizi ikan yang berujung kerugian dalam segi ekonomi pada industri makanan laut.

Proses pengolahan ikan terutama pembekuan, memiliki dampak yang signifikan

pada atribut kualitas produk akhir yang sebagian besar terkait dengan perubahan komposisi kimia dan degradasi protein otot. Sifat-sifat fungsional protein ikan dan sifat sensorik seperti hilangnya kelarutan protein, kapasitas pengemulsi, kapasitas mengikat air, tetesan pencairan, dan tekstur sebagian besar dipengaruhi oleh penanganan pasca panen dan metode pengawetan. Karena adanya enzim dalam produk ikan atau aktivitas mikroba, senyawa nitrogen seperti trimetilamin-N-oksida terdegradasi menjadi amonia, formaldehida, dan trimetilamina (diukur sebagai TMA-N). Hal ini dapat menyebabkan agregasi protein sehingga mengurangi kemampuan protein untuk mengikat air.

Pada saat ikan mati nilai pH mulai menurun karena pembentukan asam laktat dari glikogen oleh serangkaian reaksi enzimatik dalam jaringan. Enzim-enzim kritis tertentu khususnya fosfofruktokinase, dihambat dan pH turun ketika piruvat dihambat menjadi asam laktat. Hal ini memicu pelepasan enzim proteolitik seperti katepsin. Enzim dari mikroorganisme pembusuk menghasilkan berbagai senyawa volatil yang menyebabkan rasa tidak enak. Jumlah total gabungan amonia (NH₃) dan trimetilamina pada ikan diukur sebagai kandungan nitrogen *total volatile base* (TVB-N) dari ikan dan umumnya digunakan sebagai perkiraan pembusukan. Dengan peningkatan bakteri pembusuk setelah kematian pada ikan, peningkatan trimetilamin-N-oksida berikutnya menjadi trimetilamina terjadi. Di sisi lain, peningkatan TVB-N terutama disebabkan oleh pembentukan trimetilamina, yang lazim pada ikan busuk yang memiliki trimetilamin-N-oksida dan merupakan penyebab paling umum dari bau amis. *Aeromonas sp.*, *Enterobacteriaceae psychrotolerant*, *Photobacterium phosphoreum*, organisme mirip *Shewanella putrefaciens* dan *Vibrio sp.* adalah bakteri yang mampu mengurangi trimetilamin-N-oksida ke trimetilamina.

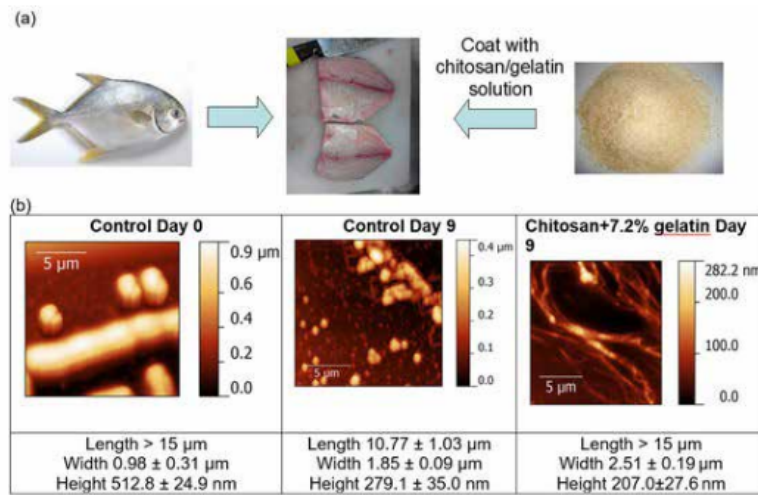
Edible coating dapat memperpanjang umur simpan makanan laut dengan mengurangi ketengikan dan pembusukan serta dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Sifat sensoris makanan laut pun dapat ditingkatkan dengan aplikasi *edible coating*. *Edible coating* pada makanan laut dapat menghambat migrasi kelembaban yang menyebabkan pengurangan hilangnya tetesan pada makanan laut beku selama penyimpanan di *tray* yang akan bermanfaat secara ekonomi. *Edible coating* juga dapat menghambat hilangnya rasa dan mempertahankan warna pada makanan laut.

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan *edible coating* yang ditambahkan dengan kitosan memungkinkan retensi karakteristik fisikokimia dan nutrisi ikan mas

untuk lebih banyak waktu selama penyimpanan, mengurangi hilangnya kelembaban, pertumbuhan bakteri, nilai gizi, dan kecepatan oksidasi lipid dan protein dalam produk oksidasi (hidroperoksida, lipoperoksidasi, dan protein karbonil).

Edible coating yang terbuat dari kitosan dengan gelatin dapat menjaga kualitas dan mengurangi kerusakan fillet ikan dingin. *Edible coating* berbasis kombinasi kitosan dengan 7,2% gelatin memiliki efek optimal pada pengawetan kualitas fillet ikan ketika disimpan selama 17 hari pada penyimpanan dingin. Lapisan ini juga menunjukkan efek anti mikroba yang signifikan, yang menekan pertumbuhan mikroba.

Coating berbasis karagenan yang diaplikasikan pada fillet ikan mackerel sebelum proses pembekuan dan penyimpanan pada suhu -18°C dapat mencegah perubahan sifat sensorik utama hingga 5 bulan, sedangkan fillet ikan mackerel yang tidak dilapisi sifat sensoriknya tidak dapat diterima oleh konsumen setelah 3 bulan. Dengan adanya penambahan antioksidan, asam galat atau asam askorbat pada *coating* berbasis karagenan dapat menunda pembusukan lebih lanjut hingga bulan ke-7 atau ke-8.



Gambar 6.6 (a) *edible coating* pada fillet ikan. (b) gambar *atomic force microscopy (AFM)* dari degradasi protein otot ikan setelah sembilan hari penyimpanan dingin.

(Feng, et al., 2016)

Pengolahan pasca panen udang sangat melelahkan dan umumnya dilakukan manual menggunakan tangan, sehingga dapat mengakibatkan adanya kontaminasi patogen dari manusia. *Listeria monocytogenes* adalah organisme yang paling mengawatirkan pada makanan laut siap saji. Sebuah penelitian telah dilakukan untuk mempelajari kelangsungan hidup dan pertumbuhan *Listeria innocua* pada udang siap saji setelah

dibekukan dan dicairkan dengan kondisi dingin dan menilai efek *coating* antimikroba yang mengandung 2% asam asetat, asam laktat dan asam levulinic menunjukkan bahwa *coating* antimikroba dapat mengurangi *Listeria innocua* sekitar 1-5 log CFU / g pada udang siap saji.

Sebuah penelitian telah dilakukan untuk mengontrol perkembangan dari *Listeria monocytogenes* pada salmon yang diasap pada suhu dingin. *Coating* berbasis alginat dilengkapi dengan 2,4% natrium laktat dan 0,25% Natrium diasetat secara signifikan menunda pertumbuhan *Listeria monocytogenes* selama penyimpanan 30 hari pada suhu 4°C pada irisan salmon dingin dan filletnya. Perubahan kualitas Ikan Gabus (*Channa argus*), diolah dengan minyak esensial *thyme* (1% v/v) ditambahkan pada kitosan (2% b/v) dan Poli Etilen Imine (PEI) (1% v/v), yang merupakan senyawa yang dapat dimakan, digunakan sebagai substrat pembentuk *film*, dan diamati selama 10 hari penyimpanan pada 4°C. Hasilnya terdapat efek menguntungkan dari penambahan PEI atau minyak atsiri *thyme* (esensial) dalam kombinasi dengan matriks biopolimer kitosan, mengurangi total pertumbuhan bakteri dan meningkatkan masa simpan produk yang dikemas sampai 4-5 hari.

Dalam studi yang berbeda, *staphylococcus aureus* atau bakteri asam laktat tidak terdeteksi dalam sosis ikan selama penyimpanan dingin. Setidaknya 15 hari ketika bahan pangan/produk dilapisi dengan kitosan (1% b/v) dan gelatin (1% b/v). Dalam penelitian ini, kedua formulasi menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap beberapa ikan spoiler dan organisme patogen selama penyimpanan dingin pada sosis. Jumlah *Enterobacteria* pada sosis yang dikemas dengan *film* konsentrat udang chitosan-gelatin tetap dibawah batas deteksi selama penyimpanan (45 hari), sedangkan bakteri asam laktat dan *Staphylococcus aureus* tidak terdeteksi.

Kitosan digunakan sebagai lapisan antimikroba yang dapat dimakan untuk penyimpanan pada suhu 41°C selama 16 hari. Dalam hal ini, *lactoperoxidase* (LPO) adalah salah satu enzim terpenting yang digunakan sebagai agen antimikroba alami, karena memiliki spektrum antimikroba yang luas, menunjukkan efek bakterisida pada bakteri gram-negatif, efek bakteriostatik pada bakteri gram-positif, anti jamur dan aktivitas antivirus. PUT (5% v/v) dilapisi ke matriks kitosan (1,5% b/v), menunjukkan pengurangan yang signifikan pada *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas fluorescens* dan *psychrotrophic* dan bakteri mesofilik. Kombinasi LPO lainnya dengan glukosa oksidase, D - (+) - glukosa dan kalium thiocyanate (1,00, 0,35, 108,70 dan rasio berat

1,09) disarankan harus menggunakan konsentrasi kitosan sebanyak 1,5% (w/v). Penurunan tingkat pertumbuhan untuk *Shewanella putrefaciens*, *Pseudomonas fluorescens*, psikrotrofik dan bakteri mesofilik pada suhu 4°C diamati, khususnya untuk formulasi kitosan dengan LPO, karena sampel tidak mencapai nilai kontrol (6-7 log CFU g/1) dalam psikrotrofik dan mesofilik bakteri setelah 12 dan 16 hari penyimpanan.

Penelitian yang telah dilakukan memasukkan *lactoperoxidase* (LPO) pada berbagai konsentrasi dan mengamati perkembangan jumlah bakteri setelah 12 dan 16 hari penyimpanan. Studi serupa menggunakan LPO pada konsentrasi hingga 7,5% (v/v) dalam pelapis protein whey di bawah suhu pendinginan selama 16 hari. Hasil menunjukkan kapasitas bakterisida LPO, yang menghasilkan produk pengoksidasi dan akibatnya memperlambat pertumbuhan mikroorganisme tertentu dalam produk ikan.

Penelitian lain menggunakan kitosan sebagai bahan pendukung untuk pengembangan pelapis antimikroba untuk fillet salmon segar (*Eleutheronema tetradactylum*) yang berasal dari India. Dalam hal ini, kombinasi yang dibentuk oleh gelatin yang diekstraksi dari limbah pemrosesan *Nemipterus japonicus* dikumpulkan dari pabrik pengolahan surimi komersial (10 g dalam 60 mL air suling) dengan 1,5 mL larutan kitosan dan konsentrasi 30%, 40% dan 50% v/v ekstrak alami jeruk nipis dan bawang putih digunakan sebagai bahan pelapis. Kombinasi ini menghasilkan umur simpan salmon yang dapat diterima oleh konsumen hingga 12 dan 16 hari. Ekstrak bawang putih menunjukkan aktivitas antimikroba yang lebih baik daripada jeruk nipis.

Beberapa peneliti telah mengusulkan *coating* antimikroba yang berbeda untuk menjaga kualitas dan nutrisi. *Coating* yang berbeda tersebut diperoleh dari sumber protein untuk tujuan yang diinginkan. Dengan demikian, produk akan dilindungi dengan *coating* yang berbeda, berbasis protein, khususnya isolat protein kedelai, isolat protein whey, putih telur, protein bubuk, gluten gandum, protein jagung, gelatin, kolagen dan protein ikan dari spesies yang berbeda (*rainbow trout* dan *Atlantic mackerel*) dalam kombinasi dengan kemasan vakum dan pendinginan untuk jangka waktu hingga enam minggu.

Dilaporkan bahwa pembentukan larutan asam asetat mengurangi pH menjadi 3-4, dan etil alkohol yang terbentuk menunjukkan beberapa efek antimikroba. Pengurangan tertinggi dari aktivitas mikrobiologis diperoleh untuk sampel yang dilapisi dengan isolat protein kedelai dan hasil ini terkait dengan kandungan isoflavon yang tinggi, yang mengurangi pertumbuhan mesofilik bakteri aerob. Selain itu, lapisan gluten gandum,

gelatin, kolagen dan protein diperoleh dari ikan pelangi dan ikan tenggiri Atlantik juga menghambat pertumbuhan bakteri sampai taraf tertentu.

Zein jagung sebagai *edible coating* dengan penggabungan molekul chelator besi polimer, berdasarkan hexadentate *3-hydroxypyridinone*, untuk mengawetkan ikan yang diproduksi secara komersial. Produk yang digunakan adalah surimi yang dimasak dengan air panas, tetapi sangat mudah rusak karena kadar airnya yang tinggi. Metilselulosa adalah polisakarida lain yang banyak digunakan sebagai matriks *coating* antimikroba. Dalam studi yang berbeda, matriks metilselulosa (3%) diperkaya dengan minyak esensial *Pimpinella affinis* (1,5%, v/v) digunakan sebagai *coating* fillet ikan mas perak segar untuk penyimpanan dalam suhu dingin selama 16 hari, menunjukkan penghambatan pertumbuhan total bakteri dan jumlah bakteri psikofilik.

Sebuah penelitian dilakukan pada ikan cod atlantik segar dalam bentuk fillet yang dilapisi dengan *coating* berbasis kitosan. Terjadi penurunan yang signifikan dalam kehilangan uap air relatif. Selain itu, oksidasi lipid juga berkurang seperti yang ditunjukkan oleh nilai peroksida, diena terkonjugasi, zat reaktif asam 2-tiobarbiturat dan *volatile headspace*-nya. Penerapan *coating* pun berpengaruh pada pengurangan total nitrogen basa yang mudah menguap (trimethylamine dan hypoxantine) dan pengurangan jumlah lempeng total dalam ikan bila dibandingkan dengan ikan yang tidak dilapisi *edible coating*.

Tabel 6.2 Aplikasi dari *Edible Coating/Film* pada Makanan Laut

Produk pangan	Bahan <i>edible coating/</i> film	Efek pada produk pangan
Ikan	Alginat	Memperlambat pembusukan ikan dan terutama mengurangi pembusukan kimia, tercermin dalam TVB-N, pH, dan TBA, menghambat penguapan air ($p < 0,05$) dan meningkatkan kualitas sensorik keseluruhan ikan

Ikan air tawar laut merah	Gum arab	Menghambat kerusakan nukleotida, oksidasi lipid, degradasi protein, dan pertumbuhan mikroba yang berkurang dibandingkan dengan ikan yang tidak dilapisi <i>coating</i>
Ikan mas perak	Kitosan	Memperpanjang umur simpan dan menunjukkan analisis mikrobiologis, kimia dan sifat sensorik yang baik selama penyimpanan beku
Ikan lele	Gelatin	Penggabungan minyak <i>origanum</i> ke dalam <i>coating</i> berbasis gelatin menghambat <i>S. Typhimurium</i> dan <i>E. coli</i> O157: H7 dalam ikan lele yang disimpan pada suhu 4°C.
Ikan haring dan ikan cod Atlantik	Kitosan	Secara signifikan mengurangi oksidasi lipid (nilai peroksida, diena terkonjugasi, zat reaktif asam 2-tiobarbiturat dan volatile headspace), pembusukan kimia (total nitrogen dasar yang mudah menguap, <i>trimethylamine</i> , dan <i>hypoxanthine</i>) dan pertumbuhan mikroorganisme (jumlah lempeng total) pada kedua ikan

Ikan sarden minyak India	Kitosan	Menghambat pertumbuhan bakteri dan mengurangi pembentukan basa yang mudah menguap dan produk oksidasi secara signifikan serta meningkatkan kapasitas <i>barrier</i> air; kehilangan tetesan dan sifat tekstur secara signifikan
Smoked salmon	Xanthan gum	Menghambat oksidasi lipid dan mengurangi perubahan senyawa volatil secara signifikan
Salmon beku	Kitosan	Pertumbuhan mikroba yang dinilai dengan Total Viable Counts (TVC) dan Total <i>Volatile Basic Nitrogen</i> (TVB-N) dipertahankan dibawah batas maksimum yang direkomendasikan masing-masing 5×10^5 CFU/g dan 35 mg nitrogen/100g ikan
Fillet ikan salmon Atlantic	Whey	Menunda oksidasi lipid serta memberikan <i>barrier</i> yang baik terhadap air
Tiram	Alginat	Memperpanjang umur simpan hingga sekitar 160 jam dibandingkan dengan yang tidak dilapisi <i>coating</i> hanya bertahan 57 jam
<i>Fish ball</i>	Zein	Zein yang digabungkan dengan tiga macam antioksidan memperpanjang umur simpan <i>fish ball</i> berbahan dasar surimi yang kaya akan lemak

(Sumber: Dehghani, et al., 2017)

6.4 Permen dan Coklat

Permen merupakan produk pangan yang banyak digemari oleh konsumen. Menurut Standar Industri Indonesia, permen atau kembang gula adalah jenis makanan selingan berbentuk padat dari gula atau pemanis lainnya atau campuran gula dengan pemanis lain yang lazim dan bahan makanan yang diizinkan.

Edible coating biasa digunakan pada industri permen dan coklat untuk melindungi produk, meningkatkan kualitas dari kenampakan produk seperti memberikan kilau permukaan dan kilap atau untuk mencegah kekakuan, penggumpalan, retak, pecah, dan penyerapan atau kehilangan kelembaban. Produk kacang yang dilapisi coklat, bola coklat malt, *hard candy* dan *jelly bean* biasanya menggunakan *edible coating* untuk menambahkan kilap pada permukaan produknya. Dalam permen coklat, perlu untuk membentuk penghalang minyak untuk mencegah minyak mentega non-cocoa memasuki coklat yang dapat menyebabkan coklat kehilangan kelunakannya dan mengembang. Minyak dengan titik leleh rendah dapat bermigrasi ke permukaan coklat dan mengkristal ulang yang dapat membentuk lapisan berminyak putih keabu-abuan yang dikenal sebagai *fat bloom*. Minyak kelapa dan kacang dapat terisolasi dalam produk-produk tersebut dengan adanya penggunaan *edible coating*.



Gambar 6.7 Kiri: kacang dilapisi coklat, kanan: *jelly bean*.
(Sumber: [pinterest.com](https://www.pinterest.com))

Keuntungan lain dari melapisi produk yang mengandung gula tinggi dengan *edible coating* adalah untuk menghindari lecet dan untuk menghambat migrasi komponen lemak bergerak ke permukaan produk, yang dapat melunturkan produk dan menempel

pada kemasan. *Coating* dapat diformulasikan dengan antioksidan untuk meningkatkan perlindungan keseluruhan dari *edible coating*.

Shellac biasa digunakan pada produk coklat karena dapat mencegah coklat menempel dan menodai kemasan. Selain itu, lapisan *shellac* yang tipis pun dapat melindungi coklat satu dengan coklat lainnya tidak saling bergesekan dan meninggalkan lecet pada coklat. Selain itu, *corn zein* efektif digunakan sebagai *coating* untuk produk permen dan coklat. Sebuah penelitian dilakukan dengan menggunakan whey protein *coating* pada permen coklat untuk memberikan kenampakan yang bening dan *glossy*.

Proses *coating* pada permen dilakukan dengan sistem pompa dan piston semprot. Piston menyemprotkan cairan, dalam pistol semprot tanpa udara. Cairan *coating* dilewati dalam bawah tekanan tinggi melalui nozzel dengan lubang kecil, sehingga teratomisasi. Sistem pompa bertekanan tinggi digunakan dengan tanpa udara. Perubahan laju pengiriman cairan akan mengubah tingkat atomisasi *coating* dan karenanya kinerja pemompaan harus dipantau dengan ketat. Laju kecepatan pengiriman cairan yang rendah akan menghasilkan penyumbatan *nozzle*. Dengan sistem semprotan udara, bukaan *nozzle* yang lebih besar digunakan dengan udara bertekanan akan mencapai atomisasi. Perpindahan positif atau pompa peristaltik komplet Monly digunakan dengan senjata semprotan udara. Dengan pompa ini, laju aliran stabil adalah lebih mudah untuk dicapai, sementara aliran udara memberikan manfaat tambahan daya pengeringan. Keberhasilan dalam operasi pelapisan tergantung pada pengeringan untuk menghasilkan tablet atau permen yang seragam. Jarak semprotan dari *nozzle* ke produk akan mempengaruhi laju pengeringan. Pengeringan secara konveksi dapat dimaksimalkan dengan memaksimalkan perbedaan panas antara udara yang dimasukkan dan larutan *coating* dan dengan mempertahankan kelembaban relatif rendah dari udara yang dimasukkan.

6.5 Kacang-kacangan

Salah satu jenis bahan pangan yang jelas dapat mendapatkan keuntungan dari *coating* adalah kacang. *Edible coating* biasa digunakan pada kacang karena kandungan minyaknya yang tinggi, ketengikan oksidatif adalah faktor yang sangat mempengaruhi umur simpannya. *Edible coating* berbasis zein jagung yang mengandung minyak nabati, asam sitrat dan antioksidan digunakan untuk mencegah ketengikan berbagai jenis kacang-kacangan. Larutan sukrosa dapat digunakan sebagai *edible coating* pada kacang

tanah, almond dan hazelnut untuk mencegah oksidasi dan ketengikan selama proses penyimpanan.



Gambar 6.8 Kacang yang dilapisi *edible coating*.
(Sumber: *alibaba.com*)

Aplikasi *edible coating* dapat juga dilakukan terhadap kacang rendah lemak. Kandungan minyak kacang tanah berkisar antara 44%-56% dan lebih dari 75%. Penyusunnya merupakan jenis asam lemak tidak jenuh. Besarnya asam lemak tidak jenuh tersebut akan menjadikan kacang rentan terhadap oksidasi. Sebuah penelitian dilakukan pada proses pengepresan dan pengempaan kacang yang bertujuan untuk mengurangi sebagian kandungan minyaknya. Selama penggorengan, kacang yang telah dikurangi kandungan minyaknya dan direkonstruksi menyerap minyak goreng sekitar 10,23%. Hal ini merupakan salah satu penyebab produk kacang goreng rendah lemak masih memiliki kandungan minyak relatif tinggi, sehingga rentan terhadap reaksi oksidasi. Penelitian telah dilakukan untuk menurunkan penyerapan minyak selama penggorengan pada produk pangan diantaranya menggunakan *edible coating*.

Dalam dua penelitian yang dilakukan pada kacang tanah, umur simpan kacang dapat diperpanjang hingga 273 hari dengan melapisi kacang dengan protein *whey*, dibandingkan dengan untuk sampel yang tidak dilapisi umur simpannya hanya 136 hari. Formulasi pelapis berbasis protein *whey* yang digunakan mengandung gliserol (*plasticizer*), lesitin (surfaktan), metil paraben (antimikroba), atau vitamin E (antioksidan) digunakan untuk melapisi kacang. Analisis heksanal menunjukkan bahwa semua sampel yang dilapisi menggunakan formulasi tersebut teroksidasi lebih lambat secara signifikan daripada kacang yang tidak dilapisi.

Edible coating berbasis pektin digunakan untuk melapisi almond dan dilaporkan mengandung garam dan antioksidan di permukaan sekaligus memberikan tekstur yang tidak berminyak. Kacang yang dilapisi dengan minyak terhidrogenasi atau mo-

nogliserida asetat yang mengandung antioksidan pun dapat meningkatkan umur simpannya dengan menghambat pengembangan ketengikan oksidatif. Gum arab juga telah digunakan untuk melapisi pecan. *Coating* berbasis pati (amilosa) dan isolat protein whey digunakan untuk mengurangi ketengikan oksidatif selama penyimpanan produk tertentu seperti kacang-kacangan.

Beberapa kacang yang sulit penanganannya adalah kacang kenari dan kacang macadamia. Kacang kenari sangat rapuh dan apabila jatuh dapat dengan mudah untuk memar. Kacang macadamia sangat keras, tetapi juga sangat tinggi lemak. Kedua kacang ini memungkinkan untuk dilapisi *edible coating* asalkan dilakukan dengan hati-hati dengan selembut dan secepat mungkin. Kacang-kacangan juga dapat menjadi tantangan untuk *coating* yang berair, karena kandungan air dari kacang-kacangan tetap sangat rendah untuk kedua sifat tekstur yang diinginkan dan umur simpan keseluruhan.

Ada beberapa tantangan dalam melapisi kacang dengan *edible coating*. Sangat penting bahwa *coating* tidak membuat kacang menjadi memar atau hancur. Meskipun kacang biasanya dilapisi dengan larutan encer yang mengandung pengemulsi, begitu ada minyak mengalir ke permukaan kacang, proses *coating* akan menjadi tidak mungkin terjadi.

6.6 Produk *Bakery* dan Sereal

Banyak produk *bakery* yang menggunakan *coating* berbentuk *icing* gula atau *glaze* pada permukaannya. *Icing* gula dan *glaze* tidak hanya meningkatkan penampilan produk *bakery* secara keseluruhan, tetapi juga menambahkan rasa manis dan rasa pada produk jadi, serta meningkatkan tekstur dan umur simpan. Beberapa permasalahan *coating* pada produk *bakery* adalah *glaze* yang meleleh dan hilang ketika cuaca panas, *glaze* yang menempel pada kemasan selama proses pengiriman produk dan *icing* gula yang mengeras dan mengkristal sebelum produk *bakery* dikonsumsi.

Gula yang merupakan bahan utama dari *icing* dan *glaze* dapat menjadi bahan yang sangat bermasalah, karena menyerap air dari lingkungan dan meleleh dengan kelembaban dan suhu yang tinggi. Bahan seperti agar dapat digunakan untuk meminimalkan melelehnya gula dan memperbaiki tekstur dari *glaze*. Baik agar tradisional atau agar yang mudah larut dapat digunakan dalam *glaze*. Namun karena agar cukup

mahal, kappa-karagenan dapat digunakan sebagai alternatif yang lebih murah dalam beberapa kasus. Campuran gum yang terdiri dari natrium alginat dan gum arab, di mana kalsium dari gum arab membentuk ikatan silang antara polimer alginat untuk membentuk gel dan memperbaiki tekstur *glaze*. Selain itu, agar dan campuran alginat-gum arab dapat digunakan pada *icing* untuk mencegah gula mengeras dan mengkristal secara permanen.



Gambar 6.9 Donat yang menggunakan *glaze* (kiri) dan *icing* (kanan).

(Sumber: *pinterest.com*)

Bahan *Coating* lain yang digunakan pada produk *bakery* adalah telur. Roti dan kue kering akan terlihat jauh lebih menarik dengan *coating* telur yang dioleskan di permukaan sebelum dipanggang. Polisakarida seperti *gum arab* sebenarnya dapat menggantikan *coating* telur dalam aplikasi ini. *Gum arab* dapat memberikan kilau sehingga menambah daya tarik produk *bakery*. Selain itu, dengan menggunakan *coating* berbasis gum arab, permukaan produk *bakery* akan jauh lebih mudah terbakar.

Penerapan *coating* berbasis polisakarida yang berbeda pada produk roti, dengan natrium benzoat dapat meningkatkan umur simpan produk paling sedikit 100% dan mengurangi tingkat kehilangan air selama 100 jam pertama sebesar 50%. Kinetika kehilangan air menunjukkan mekanisme tiga fase, yaitu: kehilangan air di permukaan selama 48 jam, stabilisasi yang berkaitan dengan migrasi air dari dalam, dan kelanjutan penguapan dalam produk. Kombinasi biopolimer dan aditif yang digunakan sebagai *coating* memberikan hasil yang lebih baik ketika aditif didistribusikan di produk dan *coating*. Berdasarkan hasil evaluasi sensorik, adanya penambahan *coating* tidak mempengaruhi kesukaan konsumen.



Gambar 6.10 *Croissant* yang dilapisi *edible coating*.

(Sumber: *knowledge-share.eu*)

Jika berbagai komponen memiliki aktivitas air yang berbeda maka transmisi air selama penyimpanan juga dapat terjadi secara internal di antara komponen makanan yang menyebabkan perubahan pada karakteristik sensorik. Misalnya, kadar air antara adonan dan *topping* pizza berbeda. Jika pizza tidak dipanggang segera setelah ditambahkan *topping*, migrasi air internal dapat terjadi dan kadar air optimal asli dari adonan akan berubah. Perubahan ini akan menghasilkan tekstur berbeda dari produk yang dipanggang. Penyimpanan dengan suhu dingin dapat diterapkan untuk mencegah perubahan kualitas dan keamanan pada *topping* (keju, daging, dll). Sementara pendinginan memperlambat migrasi air, air masih dapat bermigrasi bahkan di dalam produk beku, terutama jika disimpan untuk waktu yang lama. Pengaplikasian *edible coating* dalam permukaan adonan sebelum diletakkan *topping* di atasnya dapat mencegah migrasi air yang optimal dan mempertahankan struktur adonan. Hal yang serupa terjadi pada *pie*, di mana pengisian *filling* harus dipisah dari kulitnya untuk mencegah produk menjadi lembek. Adonan *pie* yang diisi dengan buah aprikot dan ditambahkan krim custard akan kehilangan teksturnya yang renyah 8 jam setelah dipanggang.

Penggunaan kitosan dengan asam asetat, kalsium propionat, atau kalium sorbat sebagai *edible coating* pada pizza yang sudah matang dapat menunda pertumbuhan mikroba dan menjaga kualitas adonan agar tetap baik. Sayangnya, adanya reaksi *maillard* pada proses pemanggangan dapat menurunkan kemampuan anti mikroba dari *coating* tersebut.

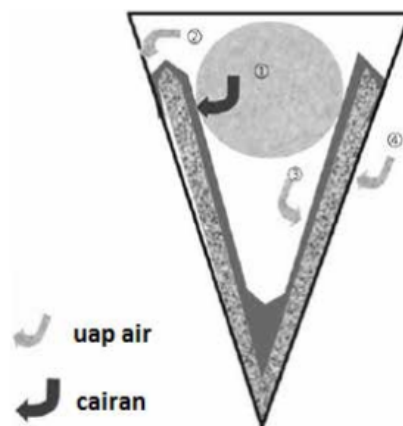
Edible coating pun digunakan pada berbagai macam sereal kering. *Edible coating* pada sereal berfungsi untuk mencegah kehilangan *flavor* dan air dari *filling* lemak atau

filling yang encer. Pada umumnya, *coating* yang digunakan dalam berbagai macam produk sereal adalah gula, karena konsumen biasanya menginginkan sarapan dengan makanan yang manis. *Coating* yang ditambahkan berfungsi untuk meningkatkan *flavor* dan adhesi dari lapisan untuk sereal. Selain itu, penerapan *coating* pada sereal pun dapat menunda penyerapan cairan susu sehingga sereal dapat bertahan lama dalam susu sebelum menjadi basah. Asam asetat dan natrium asetat digunakan untuk meningkatkan *flavor* sedangkan zat pengental, pengemulsi (Lesitin), pelunak (sorbitol) digunakan untuk mengubah konsistensi dari *coating*.

6.7 Es Krim

Pada es krim yang berlapis cokelat, setelah didinginkan cokelatnya akan mengeras dan menjadi sangat rapuh dan cenderung pecah dalam potongan yang besar ketika digigit oleh konsumen yang menyebabkan es krim dengan meleleh dengan mudah dan mengalir ke tangan atau pakaian dari konsumen. Sehingga dibutuhkan *coating* yang memiliki titik leleh yang relatif rendah.

Migrasi kelembaban selalu terjadi dari kompartemen basah ke kompartemen basah, baik sebagai cairan atau sebagai uap, bahkan ketika kompartemen basah mengandung air dalam bentuk padat, seperti halnya dengan produk beku. Misalnya dalam es krim *cone*, transfer kelembaban terjadi dalam bentuk cairan (1) atau uap (2,3,4).



Gambar 6.11 Representasi dari transfer kelembaban yang terjadi pada es krim *cone*.

(Sumber: Debeaufort dan Voiley, 2009)

Untuk mencegah transfer tersebut, *coating* berbasis cokelat dapat diterapkan.

Coating berbasis coklat memungkinkan untuk mengontrol migrasi air dari larutan sukrosa yang terkonsentrasi *cryo* dari es krim (1), serta transfer uap air di dalam *cone* (2 dan 3) dan dari lingkungan eksternal (4), karena menjamin kontak kedap udara dengan kertas atau bahan aluminium yang biasanya digunakan sebagai kemasan eksternal untuk produk tersebut.

6.8 Keju

Keju merupakan produk pangan yang dapat dibuat dari berbagai jenis susu. Keju sangat beragam dalam hal tekstur, aroma, rasa dan bentuk dan menjadi makanan yang dikonsumsi sehari-hari karena komposisinya (jumlah protein, kalsium, mineral dan vitamin) yang tinggi. Salah satu kerugian utama yang dialami oleh industri keju yaitu kontaminasi keju oleh bakteri, jamur dan ragi yang terjadi selama penyimpanan. Oleh karena itu, munculnya rasa yang tidak enak dapat terjadi sehingga menurunkan kualitas keju, terutama ketika disimpan tanpa kemasan. Selain itu, hilangnya uap air yang tinggi pada beberapa jenis keju dapat menjadi masalah meningkatkan kekerasannya dan menyebabkan sifat organoleptik yang tidak diinginkan.

Pada industri keju, *edible coating* dapat digunakan untuk pengemasan dan pengawetan. *Coating* pada keju dapat mengurangi penurunan berat keju dan mencegah pembusukan mikrobiologis melalui kontrol tingkat pertukaran oksigen dan karbon dioksida, mempertahankan rasa, warna, dan nilai gizi keju serta dapat juga sebagai *carrier* senyawa antimikroba dan antioksidan.



Gambar 6.12 Keju Cheddar Kintyre yang dilapisi lilin (kiri) dan Keju Kashar yang dilapisi kasein (kanan).

(Sumber: *kisscocoa.cn; natamycinvgp.com*)

Sebuah penelitian meneliti efek dari *coating* berbasis kasein pada sifat-sifat keju Kashar dan efektivitasnya dalam membawa *natamycin* untuk mencegah pertumbuhan jamur. Lima kelompok keju dievaluasi: tidak dilapisi, dibungkus dengan vakum, dilapisi dengan kasein, dilapisi dengan kasein yang mengandung *natamycin*, dan dicelupkan ke dalam larutan *natamycin*. Evaluasi sensorik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara sampel keju, yang mendukung pemikiran bahwa pelapisan kasein dengan *natamycin* dapat menekan pertumbuhan jamur selama sekitar 1 bulan tanpa efek buruk pada kualitas sensor keju.

Tabel 6.3 *Edible Coating* pada Berbagai Jenis Keju.

Jenis keju	Bahan <i>edible coating</i>	Metode pengaplikasian
Mozarella	Sodium alginat	<i>Dipping, enrobing, spraying</i>
	Kitosan	<i>Dipping, enrobing, spraying</i>
Ricotta	Kitosan	<i>Dipping</i>
	Galaktomannan	<i>Dipping</i>
	Protein whey	<i>Dipping</i>
Saloio regional	Kitosan	<i>Brushing</i>
	Galaktomannan	<i>Brushing</i>
Cheddar	Kitosan	-
Keju susu kambing	Kitosan	<i>Dipping</i>
Emmental	Kitosan	<i>Dipping</i>
Port salut	Galaktomannan	<i>Spraying</i>
Kashar	Sodium kaseinat	<i>Dipping, pembungkusan</i>
	Kasein asam	<i>Dipping</i>
	Zein jagung	Pembungkusan
	Isolat protein whey	<i>Dipping</i>
	<i>beeswax</i>	<i>Dipping</i>
Lor	Protein putih telur	<i>Dipping</i>
	Isolat protein whey	<i>Dipping</i>
Semi keras	Konsentrat protein ovein whey	<i>Brushing</i>

Keju putih halus Mesir	Kitosan	Pembungkusan
---------------------------	---------	--------------

(Sumber: Costa, et al., 2018)

Sebuah penelitian dilakukan pada *edible coating* berbasis whey protein yang ditambahkan senyawa antimikroba pada keju yang dimatangkan sebagai pengganti *edible coating* keju yang komersil. *Edible coating* yang digunakan berbasis protein whey yang diproduksi dari konsentrat protein whey dengan asam laktat dan *natamycin* sebagai senyawa antimikroba. Analisis mikrobiologis membuktikan, bahwa *coating* tersebut mencegah pertumbuhan *Staphylococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Enterobacteriaceae*, ragi dan kapang dan memastikan bahwa keju tersebut aman dari bakteri tersebut. Selain itu, hasil dari analisis sensorik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara keju yang tidak dilapisi dengan keju yang dilapisi *edible coating*.

Sebuah penelitian dilakukan dengan menggunakan *beeswax* dalam keju Kashar dalam satu lapisan dan dua lapisan yang diaplikasikan dengan cara pencelupan. Keju dimatangkan selama 4 bulan pada suhu 4°C pada RH 85%. *Beeswax* bertindak sebagai *edible coating* pelindung dan dapat mengurangi jamur hingga 1,89 log (CFU/g) pada hari ke-120, jika dibandingkan dengan keju yang tidak dilapisi dengan nilai 4,60 log (CFU/g). Hasil penurunan hilangnya uap air pada keju yang dilapisi memiliki nilai 61,36% dari bahan kering dan keju yang tidak dilapisi memiliki 67,85% dari bahan kering.

6.9 Enkapsulasi Flavor

Penggunaan penting dari *edible coating* adalah untuk enkapsulasi flavor. *Edible coating* memungkinkan untuk produksi flavor dalam bentuk kering, mengalir dengan stabil (kebanyakan flavor berbentuk cairan), perlindungan flavor dari interaksi dengan makanan atau reaksi yang dapat merusak flavor tersebut seperti oksidasi dan pelepasan flavor selama penyimpanan. Sejauh mana *edible coating* memenuhi persyaratan ini tergantung pada proses yang digunakan untuk membentuk *coating* pada flavor dan komposisi *coating* itu sendiri.

Proses enkapsulasi pada industri pangan tidak terlepas dari proses *panning* yang merupakan metode paling pertama dari proses enkapsulasi. Jika fokus pada flavor makanan, metode yang paling umum adalah *spray drying*. Sebuah penemuan yang tidak disengaja menemukan bahwa aseton yang ditambahkan pada puree tomat dapat

membantu mempertahankan warna dan rasa pada bubuk tomat. Sejak saat itu, *spray drying* merupakan metode yang selalu digunakan pada industri flavor.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk proses enkapsulasi flavor dalam bidang ilmiah dan literatur yang dipatenkan, tetapi hanya empat proses yang digunakan secara komersial yaitu :

6.9.1 *Spray Drying*

Spray drying digunakan untuk memproduksi flavor enkapsulasi di pasaran. *Spray drying* dilakukan dengan membuat emulsi flavor (20% basis kering) pada matriks enkapsulasi (80% basis berat kering) dengan menggunakan sedikit air (lebih baik <50% air basis basah). Emulsi minyak dalam air dibentuk melalui homogenisasi untuk memperoleh ukuran partikel sekitar 1 mm kemudian dipompa ke dalam *spray dryer*. Emulsi flavor diatomisasi menjadi aliran udara panas di mana pendinginan evaporatif akan menurunkan suhu udara masuk dari 200-325°C menjadi 80-90°C.

Matriks enkapsulasi yang digunakan dalam metode *spray dryer* harus memenuhi beberapa persyaratan. Matriks yang digunakan harus larut dalam air karena pelarut yang digunakan dalam *spray dryer* adalah air. Emulsi yang digunakan harus memiliki viskositas rendah dengan konsentrasi padatan yang tinggi (50-70%) untuk memungkinkan pemompaan dan proses atomisasi yang lebih terbatas. Matriks enkapsulasi harus mengering dengan baik dan tidak menjadi lengket pada suhu tinggi serta tidak bersifat higroskopis. Persyaratan tersebut membatasi bahan matriks untuk maltodekstrin, sirup jagung padat, pati yang dimodifikasi dan gum arab.



Gambar 6.13 Flavor Nanas kering (kanan) dan flavor lemon kering (kiri) yang dienkapsulasi menggunakan metode *spray drier* (sumber : indiamart.com)

6.9.2 Ekstrusi

Metode ekstrusi secara tradisional terdiri dari membuat karbohidrat dengan kadar air yang rendah meleleh (sekitar 15% kadar air) dan menambah flavor (10-20% basis berat kering), membentuk emulsi kemudian mengekstrusi campuran melalui cetakan (lubang sebesar 1/64 inci) pada tekanan rendah. Flavor yang sudah diekstrusi dimasukkan ke dalam bak isopropanol dingin sehingga terbentuk struktur kaca yang tidak beraturan, dipecah menjadi potongan kecil menggunakan mixer kemudian dikeringkan di udara panas untuk menghasilkan flavor yang dienkapsulasi.

Matriks enkapsulasi yang digunakan dalam metode ekstrusi memiliki persyaratan yang sama seperti yang digunakan pada metode *spray dryer*. Matriks enkapsulasi tidak harus diatomisasi tetapi harus agak bisa larut pada 85% atau padatan lebih tinggi pada suhu 110°C atau lebih tinggi. Matriks harus membentuk struktur yang tidak beraturan yang baik dan bersifat nonhigroskopis. Selain itu juga harus menghasilkan retensi yang baik dari senyawa flavor selama proses pembuatan, memberikan perlindungan selama penyimpanan, dan melepaskan flavor ketika dimasukkan dalam air.



Gambar 6.14 Beberapa flavor cair yang dienkapsulasi menggunakan bahan berbasis karbohidrat dengan metode ekstrusi (sumber : foodingredientsfirst.com)

6.9.3 Koaservasi

Metode koaservasi yang digunakan pada enkapsulasi flavor mengacu pada dua hidrokoloid (satu polikationik dan polianionik lainnya) yang berinteraksi secara khas melalui ikatan ion untuk membentuk sebuah kompleks. Kompleks ini terbentuk pada permukaan tetesan hidrofobik (flavor), sehingga berfungsi sebagai dinding kapsul. Hidrokoloid yang biasa digunakan pada metode koaservasi yaitu seperti pektin, karagenan, alginat dan kitosan. Keunggulan dari metode koaservasi adalah flavor yang dihasilkan tidak mudah larut dalam air. Tahap pembuatan enkapsulasi flavor dengan metode koaservasi adalah sebagai berikut :

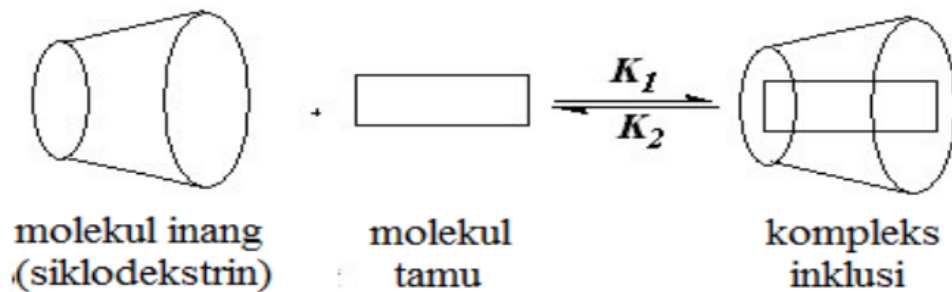
1. Langkah pertama, salah satu hidrokoloid dilarutkan dalam air kemudian ditambahkan flavor yang berupa cairan hidrofobik yang akan membentuk emulsi. Menurut literatur, ukuran dari partikel emulsi ini sangat kecil (dalam rentang skala nanometer) dan dalam praktiknya sulit untuk membuat koaservasi flavor kurang dari 100 nm tanpa adanya aglomerasi yang kuat.
2. Langkah kedua, hidrokoloid kedua kemudian ditambahkan dengan sistem diatur ke pH dimana kedua hidrokoloid membawa muatan berlawanan dan diencerkan dengan air. Air berfungsi untuk mengencerkan sistem, sehingga ketika didinginkan menjadi gel, seluruh massa tidak membentuk gel. Pada saat ini, kedua hidrokoloid berinteraksi melalui ikatan ion untuk membentuk dinding akhir. Lapisan luar yang terbentuk dapat terjadi secara *cross-linked*, dimana membuat strukturnya menjadi keras dan tahan lama. *Cross-linking* dapat dilakukan dengan glutaraldehid, transglutaminase (enzim), atau bahan kimia *cross-linking* lainnya.
3. Langkah terakhir, flavor yang sudah terenkapsulasi disaring dan dikeringkan. Proses pengeringan dapat dengan pengeringan beku atau menggunakan bahan pengering seperti silika.

6.9.3 Formasi Kompleks Inklusi

Kompleks inklusi dapat terbentuk antara senyawa flavor dan beberapa komponen makanan. Yang paling umum adalah interaksi dengan pati dan CyD (siklodekstrin). Pati, terutama yang tinggi amilosa, akan membentuk struktur heliks yang dapat mengomplekskan molekul kecil. Senyawa volatil seperti limonen, menthone dan dekanal dapat dikomplekskan dengan pati kentang tergelatinisasi. Waktu untuk terbentuk

kompleks dengan maksimum bervariasi, mulai dari 1 menit (dekanal) hingga beberapa hari (limonen), tergantung pada senyawa yang digunakan. Jumlah kompleks yang terbentuk juga tergantung senyawa dan suhu, kompleks yang terbentuk akan sedikit pada suhu yang lebih tinggi.

Siklodekstrin terkenal karena kemampuannya dalam membentuk kompleks inklusi. Dalam larutan air, siklodekstrin berorientasi sedemikian rupa sehingga mereka memiliki rongga hidrofobik yang sangat cocok untuk dimasukkan senyawa flavor. Siklodekstrin termasuk molekul yang umumnya berdasarkan molar ekuimolar: satu mol siklodekstrin (inang) akan mencakup 1 mol molekul "tamu". Hal ini berarti bahwa berat molekul flavor termasuk dalam mol flavor siklodekstrin: kompleks bervariasi dengan berat molekul "tamu". Biasanya, kompleks inklusi akhir mengandung 9-15% molekul "tamu" (berat).



Gambar 6.15. Formasi kompleks inklusi

Enkapsulasi, edible *coating* dan *film* memiliki potensi luar biasa, karena mereka merupakan "sistem pengiriman" yang ideal untuk sejumlah bakteri probiotik yang baik, baik di dalam produk makanan atau pada permukaan makanan. Teknik-teknik ini menawarkan kemungkinan untuk mengendalikan jumlah mikroorganisme yang baik pada *edible coating* dan *film*, sementara secara bersamaan dapat menawarkan perlindungan terhadap perubahan suhu, pH, proses kimia dan enzimatik selama produksi, penyimpanan, konsumsi dan pencernaan makanan.

Bahan yang digunakan harus berfungsi sebagai pengemulsi, pembentuk film (merangkap flavor selama proses dehidrasi), penghalang oksigen (untuk melindungi flavor terhadap kerusakan) dan zat pelepas yang dapat dikendalikan. Selain itu bahan yang digunakan untuk enkapsulasi dipilih berdasarkan kompatibilitas dengan proses, biaya, jenis rasa, stabilitas selama penyimpanan, kendala hukum, kendala agama (halal)

dan fungsi akhir dari produk.

Sebagai contoh, seseorang mungkin ingin memiliki bumbu yang digunakan dalam makanan alami dan karenanya harus menggunakan pelapis alami yang dapat dimakan seperti gum arab atau pektin. Jika penyedap larut dalam air, orang dapat menggunakan bahan dinding yang melembutkan seperti maltodekstrin. Namun, jika penyedap tidak larut, harus terlebih dahulu dibuat emulsi, dan menggunakan polimer pengemulsi seperti pati yang dimodifikasi, gum arab, atau protein. Jika penyedap enkapsulasi digunakan dalam produk halal, maka polimer yang tidak halal seperti gelatin babi tidak dapat diterima. Secara umum, banyak pertimbangan harus dipertimbangkan dalam pemilihan ini.

Gum, pati dan turunan pati, turunan selulosa, lipid, protein dan bahan anorganik merupakan bahan yang biasa digunakan dalam produksi enkapsulasi. Penggunaan beberapa bahan pengemulsi dapat membuat "sistem pengiriman" yang baik pada enkapsulasi. Sebagai contoh, komponen makanan fungsional dapat dienkapsulasi dalam fase air dalam emulsi air/minyak/air, sementara komponen lain yang mungkin bereaksi negatif dengan komponen emulsi ini dapat dilarutkan di luar fase air. Metode ini dapat digunakan untuk melindungi dan melepaskan komponen di situs tertentu dalam sistem pencernaan.

Tabel 6.4 Polimer yang biasanya digunakan sebagai enkapsulasi

Polimer	Jenis Senyawa	Fungsi Utama	Metode Enkapsulasi
Gum arab	Polisakarida	Emulsifier (pembentuk <i>film</i>), polimer polyanion	<i>Spray drying</i> dan koaservasi
Maltodekstrin	Pati terhidrolisis	<i>Bulking agent</i>	<i>Spray drying</i> dan ekstrusi
Pati termodifikasi kimia	Polisakarida	Emulsifier (pembentuk <i>film</i>)	<i>Spray drying</i>
Sirup jagung padat	Pati terhidrolisis	<i>Bulking agent</i> (penghambat oksigen)	<i>Spray drying</i>

Glukosa, sukrosa, gula alkohol	Mono dan disakarida serta alkoholnya	Bahan pengisi (penghambat oksigen)	<i>Spray drying</i> dan ekstrusi
Gelatin	Protein terhidrolisis	Polimer polikationik	Koaservasi
Protein whey, kaseinat	Protein	Polimer polikationik dan emulsifier	Koaservasi dan <i>spray drying</i>
Karagenan, alginat, pektin, dll	Polisakarida	Polimer polikationik	Koaservasi
Kitosan	Polisakarida	Polimer polianionik	Koaservasi dan <i>spray drying</i>
Siklodekstrin	Oligosakarida	Molekul inang	Formasi Kompleks Inklusi

Sumber : Reineccius, (2009)

Maltodekstrin relatif murah, tetapi tidak memiliki sebagian besar sifat fungsional yang diinginkan dalam bahan enkapsulasi. Sirup jagung padat juga murah dan memberikan perlindungan yang sangat baik terhadap oksidasi. Namun, sirup jagung padat juga memberikan retensi yang buruk selama pengeringan dan tidak ada emulsifikasi. Pati yang dimodifikasi harganya cukup mahal sebagai pengemulsi, dan memberikan retensi rasa yang luar biasa selama pengeringan. Bahan-bahan ini hanya dapat memberikan perlindungan terbatas terhadap oksidasi kecuali jika dicampur dengan bahan lain (seperti mono dan disakarida, maltodekstrin, atau padatan sirup jagung).

Gum arab umumnya sedikit lebih mahal daripada pati yang dimodifikasi dan agak rendah dalam sifat emulsifikasi dan retensi rasa. Gum arab menawarkan perlindungan yang sangat baik terhadap oksidasi dan karenanya dapat menjadi pilihan keseluruhan yang sangat baik sebagai bahan untuk enkapsulasi rasa. Sedangkan protein menawarkan stabilitas emulsi yang sangat baik dan stabilitas oksidatif, tetapi mereka reaktif dengan perasa yang mengandung karbonil.

Sebuah penelitian tentang liposom melaporkan enkapsulasi laktoferin dan nisin Z untuk aplikasi bakteriostatik dalam produk susu. Antioksidan phosvitin dan vitamin C telah dienkapsulasi dalam liposom untuk meningkatkan kualitas produk susu dan

daging. Liposom merupakan agregat bulat, polimolekul dengan konfigurasi *shell bilayer*. Liposom atau lipid vesikel terbentuk dari lipid polar yang tersedia secara melimpah di alam, terutama fosfolipid dari kedelai dan telur. Liposom dapat menggabungkan komponen fungsional dalam interiornya, dan dapat digunakan untuk mengenkapsulasi senyawa yang larut dalam air dan lipid.

Sebuah penelitian dilakukan terhadap natrium kaseinat, isolat protein whey, isolat protein kedelai, dan gum arab (kontrol) untuk enkapsulasi (*spray drying*) minyak jeruk. Mereka menemukan isolat protein kedelai menjadi yang terbaik dalam mempertahankan minyak jeruk selama pengeringan semprot (85,7% retensi), diikuti oleh natrium kaseinat (81,5%) dan gusi akasia (75,9%), dengan isolat protein whey menjadi yang termiskin (72,7%). peneliti menggunakan semua bahan dengan konsentrasi 10% padatan dengan membuat larutan dari masing-masing *carrier* pada konsentrasi ini dan kemudian menambahkan minyak jeruk dengan konsentrasi 10%, 20%, dan 30% dari *carrier*).

Sebuah penelitian dilakukan terhadap enkapsulasi berbahan gum arab-gelatin dan ester asam lemak omega-3. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi bagaimana cara pengerasan (pengeringan) sistem koaservasi dibandingkan dengan yang berkaitan dengan oksidasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koaservasi menghasilkan perlindungan yang signifikan terhadap minyak ikan dibandingkan dengan minyak ikan yang tidak dienkapsulasi, tetapi sekali lagi tidak ada data yang diberikan relatif terhadap sistem enkapsulasi lainnya.

Beberapa penelitian menggunakan siklodesktrin sebagai bahan untuk enkapsulasi. Penelitian ini difokuskan pada pelepasan flavor. Sedikitnya 10% mentol dilepaskan dari β -siklodekstrin ketika ditempatkan dalam larutan yang encer, tetapi lebih dari 70% etil butirrat dilepaskan dalam kondisi yang sama. Penelitian lain menunjukkan perbedaan serupa dalam pelepasan geraniol dan timol dari β -siklodekstrin: geraniol dilepaskan dengan cepat (hampir 100%), sementara timol hanya dilepaskan secara perlahan dan tidak lengkap (30% menjadi larutan berair).

Bab VII

***Edible Coating* Pada Buah Durian Terolah Minimal**

¹ Durian (*Durio zibethinus*, Murr.) merupakan salah satu jenis buah khas tropika yang cukup digemari. Buah ini mempunyai rasa yang lezat dan aroma yang khas. Di Indonesia, durian banyak ditanam di pekarangan rumah meskipun pada umumnya hampir tanpa pemeliharaan yang berarti. Beberapa kawasan hutan di Sumatera dan Kalimantan, pohon durian masih tumbuh sebagai tanaman liar. ¹ Tanaman durian ¹ tumbuh di seluruh propinsi di Indonesia, kecuali di Nusa Tenggara Timur. Sentra durian berada di Propinsi Sumatera Utara, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur.

Para ahli berpendapat bahwa pada awalnya tanaman durian tumbuh liar di daerah hutan Sumatera, Kalimantan dan Malaysia. Selanjutnya durian tersebut menyebar ke seluruh Indonesia, yaitu ke Jawa Timur, Sulawesi Selatan dan Irian Jaya. Penyebaran buah durian ke daerah Barat adalah ke Thailand, Birma, India dan Pakistan. Penyebaran areal tanaman durian dilakukan oleh manusia yang merambah ke daerah hutan yang lain. Di setiap daerah yang mereka tinggalkan, tumbuhlah biji-biji durian yang mereka bawa bersamaan dengan semak-semak belukar. Biji-biji durian ini tumbuh di suatu tempat secara alami dan tidak beraturan. Setelah melalui penelitian secara seksama oleh para ahli, penyebaran tanaman durian menjadi lebih luas lagi.

Buah durian memiliki rasa yang lezat dan kandungan protein nabati yang cukup tinggi. Buah durian memiliki nilai ekonomis yang tinggi, karena harganya tidak pernah terpengaruh oleh harga buah-buahan yang lainnya. Durian memiliki prospek ekonomi yang cukup baik dibandingkan dengan buah lainnya. Pemasaran buah durian dari tahun ke tahun semakin meningkat dan tidak pernah jenuh. Pemasaran buah durian pada umumnya sudah melalui mata rantai yang agak panjang sehingga mengakibatkan harga durian di tingkat konsumen menjadi sangat tinggi. Berbagai jenis durian dengan

variasi harga jual yang sangat tinggi tersebut sangat menarik minat para pengusaha atau para investor untuk membudidayakan durian secara intensif, sehingga buah durian diharapkan sebagai andalan ekspor dan merupakan aset negara yang dapat membantu pendapatan negara di sektor non migas.

7.1 Spesies Durian

Tidak kurang dari 300 spesies durian ditemukan oleh para ahli, dengan jumlah generanya sebanyak 31. Dari sekian banyak genera yang ditemukan, baru 6 spesies saja yang sudah dipastikan bisa dimakan oleh manusia. Di Indonesia terdapat beberapa spesies durian, antara lain 19 spesies tumbuh di Kalimantan dan 7 spesies di Sumatera. Namun menurut perkiraan masih banyak lagi spesies lain, baik yang bisa dimakan manusia maupun tidak. Keenam spesies durian yang tergolong bisa dimakan adalah:

1. *Durio zibethinus* Murr, dengan nama lokal durian biasa
2. *Durio kutejensis* (Hass) Bece, dengan nama lokal Lai
3. *Durio oxleyamis* (Griff), dengan nama lokal Kerantongan
4. *Durio graveolens* (Bece), dengan nama lokal Tabelak
5. *Durio delcis*, dengan nama lokal Lahong
6. *Durio grandiflorus* (Mast)

Dari keenam durian itu baru *D. zibethinus* dan *D. kutejensis* saja yang sudah dibudidayakan oleh masyarakat pedesaan. Akan tetapi, yang sering dibudidayakan adalah jenis *D. zibethinus*. Spesies ini lebih menyebar dan lebih merata. Di samping itu, spesies ini mudah ditemukan di daerah tropis negara lainnya. Spesies *D. kutejensis* kemungkinan hanya terdapat di Pulau Kalimantan, itupun hanya terbatas pada daerah sekitar habitatnya, yaitu Kalimantan Timur. Spesies *D. oxleyamis* dan *D. graveolens* tergolong liar di belantara Pulau Kalimantan, Sumatra dan Malaysia. Pembudidayaan spesies durian tersebut juga masih tergolong primitif, karena penyebarannya dengan menggunakan biji.

7.2 Jenis Durian yang Sudah Dibudidayakan

7.2.1 Durian Si Japang

Durian ini berasal dari Jawa Barat. Ciri-cirinya daging buah tebal (1,5-2,5), bertekstur halus, kering dan berwarna kuning gading, rasanya manis, gurih, beraroma harum, bijinya lonjong kecil, buah berbentuk bulat panjang, berwarna kuning kehijauan, durinya berbentuk kerucut dan agak jarang. Selain itu sebuah durian memiliki berat antara 1,5-2,5 kg dan jenis ini tahan terhadap serangan penyakit busuk akar dan hama penggerek buah.

7.2.2 Durian Parung

Durian ini berasal dari daerah sekitar Bogor (Jawa Barat). Ciri-ciri buahnya berukuran sedang, bentuknya agak bulat dan kulit buahnya berwarna hijau keabuan. Daging buahnya tebal, berwarna kuning, sedikit berserat dan tidak begitu kering.

7.2.3 Durian Simimang

Durian ini berasal dari daerah Banjarnegara. Ciri-cirinya: buah berbentuk lonjong dan kecil, belimbingan buah tampak jelas, berwarna hijau kekuningan, durinya runcing dan ada pula yang tumpul. Daging buahnya tebal agak berserat, rasanya manis alkoholik dan aromanya tajam sekali. Buahnya sulit dibelah dan produksi per tahun dapat mencapai sekitar 400-500 buah.

7.2.4 Durian Mawar

Durian ini berasal dari Desa Wadas, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. Ciri-cirinya: rasa kurang manis, daging buah agak tipis, lembek, aromanya kurang dan ukuran bijinya besar-besar. Durian ini mudah pecah sehingga tidak tahan dalam pengangkutan.

7.2.5 Durian Sukun

Durian ini berasal dari daerah Jepara, Jawa Tengan. Ciri-cirinya: kulit buah agak tebal, mudah dibelah, daging buahnya tebal sekali, berwarna putih kekuningan, berserat halus, rasanya manis, dan aromanya harum. Bentuk buahnya bulat panjang, berwarna kekuningan, dengan duri-duri kecil berbentuk kerucut dan tersusun rapat.

7.2.6 Durian Mitro

Jenis ini berasal dari Kabupaten Subang (Jawa Barat). Ukuran buah dan bijinya sedang. Keadaan daging buah tebal, kadar air sedikit dan rasa buah manis legit. Pohon durian mitro dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 7.1 Pohon Durian Mitro

7.2.6 Durian Saleja

Durian ini berasal dari Desa Sukajaya-Ciomas (Jawa Barat). Ciri-cirinya: Buahnya berukuran sedang, bentuknya agak bulat, daging buahnya tebal berwarna kuning, sedikit berserat dan tidak begitu kering. Rasa buahnya manis dan bijinya kecil-kecil. Walaupun rasanya manis, tetapi tidak pahit (alkohol) sehingga banyak disukai orang.

7.2.7 Durian Petruk

Durian ini berasal dari Ungaran (Jawa Tengah), ukuran buah dan bijinya besar. Keadaan daging buah tebal, kadar air sedikit rasa buah manis legit.

7.2.8 Durian Simas

Durian ini banyak ditemukan di daerah Rancamaya, Bogor. Ciri-cirinya: daging buahnya tebal, berwarna kuning menyala, bertekstur halus, kering berlemak, rasanya manis sekali, aromanya tidak begitu tajam, bijinya berukuran sedang berbentuk lonjong, kulit buah berwarna kuning kemerahan, bentuk buah lonjong dan bagian pangkalnya meruncing, ketebalan kulit buah sedang dan buah sukar dibelah. Sebuah durian simas beratnya antara 1,5-2 kg.

7.3 Kandungan Zat Gizi Buah Durian

Buah durian mempunyai kandungan air 70 g/100 g dan karbohidrat 16,1 g/100 g. Sepertiga karbohidrat dalam daging buah durian adalah pati dan kurang dari sepertiganya adalah gula. Sebagian karbohidrat lainnya terdiri atas eritridekstron dan mannan. Daging buah durian juga mengandung gum, pektin dan hemiselulosa. Total padatan terlarut pada daging buah durian akan bertambah 36% setelah beberapa hari dalam penyimpanan. Daging buah durian juga mengandung vitamin B sebesar 0,1 mg per 100 g yang terdiri dari tiamin, riboflavin dan niasin. Kandungan zat gizi buah durian secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 7.1 Kandungan Zat Gizi Buah Durian

Komponen Gizi	Kandungan Zat Gizi/100 g
Kalori (Kal)	134,0
Protein (g)	2,5
Lemak (g)	2,5
Karbohidrat (g)	16,1
Kalsium (mg)	7,4
Fosfor (mg)	44,0
Besi (mg)	1,3
Vitamin A (SI)	135,0
Vitamin B ₁ (mg)	0,1
Vitamin C (mg)	53,0
Air (g)	70,0
Bagian yang dapat dimakan (%)	22,0

Sumber: AAK, 1997

7.4 Buah Terolah Minimal

³ Buah terolah minimal (*minimally processed fruits*) adalah buah yang telah mengalami perlakuan pencucian, sortasi, pengupasan, pemotongan dan atau pengirisan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan bentuk yang lebih spesifik sesuai dengan komoditasnya. Dengan perlakuan ini buah dapat disajikan dalam waktu yang singkat sehingga buah terolah minimal terkesan praktis. Di samping itu, buah terolah minimal lebih menawarkan jaminan mutu dibandingkan buah dalam kondisi utuh karena konsumen dapat langsung melihat kondisi daging buahnya.

Buah terolah minimal harus konsisten dan mempunyai penampakan yang segar dengan warna yang alami. Selain faktor pengolahan, secara umum faktor-faktor yang turut menentukan mutu buah terolah minimal sama dengan komoditas hasil pertanian segar dalam kondisi utuh, yaitu: kondisi pertumbuhan dan teknik budidaya, tingkat kematangan saat panen, cara pemanenan, metoda penanganan lepas panen, kondisi dan lama penyimpanan.

Dibalik keuntungan praktis yang ditawarkan oleh produk buah terolah minimal, ada tantangan yang harus dihadapi yaitu terjadinya perubahan fisiologis karena hilangnya kulit sebagai pelindung alami dan hilangnya keutuhan sel akibat perlakuan pengupasan dan pemotongan. Keadaan ini akan menyebabkan terjadinya hal-hal sebagai berikut:

³ 7.4.1 Induksi Sintesis Etilen.

Jaringan yang luka akan menstimulasi biogenesis etilen, karena pada jaringan yang luka pembentukan *l-amino cyclo propane-l-carboxylic acid* (ACC) meningkat yang selanjutnya ACC akan dikonversi menjadi etilen. Sebenarnya, peningkatan produksi etilen ini merupakan respons dari adanya kerusakan mekanis. Meningkatnya pembentukan etilen akan menimbulkan perubahan fisiologis lain seperti peningkatan permeabilitas sel, peningkatan aktivitas enzim, dan peningkatan laju respirasi.

³ 7.4.2 Degradasi Membran Lipid

Pada membran yang rusak, degradasi enzimatik akan meningkat sehingga komponen lipid dan kompartemen enzim dan substrat berkurang atau hilang. Etilen ikut berperan dalam proses ini dengan cara meningkatkan permeabilitas membran dan mereduksi biosintesis fosfolipid. Akibat lain dari terdegradasinya membran lipid adalah

reaksi enzimatik yang dikatalisis enzim lipase dan fosfolipase meningkatkan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak ini bersifat toksik dan dapat menyebabkan terjadinya lisis pada organel serta mampu berikatan dengan protein sehingga protein menjadi inaktif.

Terjadinya peningkatan laju respirasi berkaitan dengan sintesis etilen pada jaringan yang rusak. Sebagai contoh, laju respirasi buah kiwi yang dipotong lebih cepat dua kali dari pada laju respirasi buah kiwi yang utuh, sedangkan pada potongan buah apel yang disimpan pada suhu 2°C, RH 90% sebesar 3,5 sampai 7,6 kali buah apel utuh yang disimpan pada kondisi yang sama. Laju respirasi buah salak kupas tanpa kulit ari pada suhu kamar adalah 4,5 kali laju respirasi buah salak utuh.

7.4.3 Pencoklatan Oksidatif (*Oxidative Browning*)

Pencoklatan oksidatif merupakan masalah yang sering terjadi pada buah terolah minimal. Proses ini berlangsung akibat hilangnya kulit buah sehingga terjadi kontak antara gugus fenol dengan oksigen dan enzim polyfenoloksidase. Terjadinya proses pencoklatan pada buah terolah minimal harus dihindari karena akan mengganggu kenampakan.

7.4.4 Penyembuhan Luka (*Wound Healing*)

Secara alami jaringan yang luka akan berusaha melakukan proses penyembuhan. Proses penyembuhan luka ini berkaitan dengan produksi suberin dan lignin serta terjadinya deposit (pengendapan) dinding sel yang luka. Suberisasi dan lignifikasi ini sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan di sekelilingnya seperti suhu, kelembaban, konsentrasi O₂ dan CO₂.

7.4.5 Pembentukan Metabolit Sekunder.

Pada jaringan yang luka biasanya dibentuk metabolit sekunder sebagai upaya melindungi diri. Metabolit sekunder dapat mempengaruhi aroma, flavor, kenampakan, nilai nutrisi dan keamanan buah terolah minimal. Berbagai senyawa yang termasuk metabolit sekunder adalah : *phenylpropanoid phenolis, polyketide phenolics, flavonoids, terpenoids, alkalonoids, tannin, glucosinolates, asam lemak rantai panjang dan alkohol.*

7.4.6 Kehilangan Air (*Water Loss*).

Pada buah yang utuh sebagian besar air berada pada bagian interseuler, sedangkan pada buah yang dipotong air interseuler ini akan keluar dan menguap. Hasil penelitian mendapatkan bahwa laju penguapan air pada potongan wortel 5-10 kali lebih besar daripada wortel utuh.

Perubahan-perubahan fisiologis ini akan menyebabkan buah terolah minimal cepat rusak sehingga praktis umur simpannya menjadi lebih pendek. Tahap pengolahan minimal yang dapat menjaga kestabilan produk masih diperlukan. Beberapa perlakuan yang dapat digunakan untuk meminimalkan terjadinya kerusakan buah terolah minimal adalah penyimpanan pada suhu rendah, penggunaan bahan tambahan (suplemen), penyimpanan pada kondisi termodifikasi atau terkontrol serta penggunaan *edible coating*.

Buah-buahan dan sayuran setelah dipanen apabila tidak ditangani dengan baik akan mengalami perubahan-perubahan akibat pengaruh secara fisiologis, kimia, mekanis, parasitis atau mikrobiologis. Perubahan-perubahan ini dapat meningkatkan laju respirasi dan metabolisme yang mengakibatkan penurunan kualitas dan pendeknya umur simpan produk. Beberapa perubahan secara fisiologis dan kimia ada yang menguntungkan, misalnya perubahan warna, rasa, flavor dan lain-lain. Jika tidak dikendalikan akan sangat merugikan, yaitu timbulnya kerusakan atau kebusukan. Kerusakan atau kebusukan tersebut mengakibatkan bahan tidak dapat dimanfaatkan lagi, sehingga merupakan suatu kehilangan (*loss*). Oleh karena itu perlu penanganan yang khusus agar penurunan mutu dan kerusakan lainnya dapat dihindari atau dicegah.

Buah durian setelah dipanen masih melakukan aktivitas hidup. Aktivitas ini berlangsung dengan menggunakan persediaan bahan bakar yang ada, yaitu substrat yang terakumulasi selama pertumbuhan dan pemasakan. Proses metabolisme ini terus berlangsung dan selalu mengakibatkan perubahan-perubahan yang akhirnya menyebabkan kerusakan. Semua bahan hidup memerlukan energi yang terus menerus. Energi tersebut digunakan untuk mempertahankan organisasi seluler, mengangkut metabolit ke seluruh jaringan dan mempertahankan permeabilitas membran. Sebagian besar energi yang diperlukan oleh buah segar disuplai dari respirasi aerob.

Buah durian sebagai salah satu komoditas hortikultura juga rentan terhadap kerusakan. Buah durian yang telah dipanen tidak boleh dibiarkan begitu saja selama

1 Menurut Donhowe dan Fennema (1994), komponen utama penyusun *edible coating* dapat dikelompokkan dalam tiga kategori, yaitu hidrokoloid, lipid dan komposit (campuran). Hidrokoloid yang dapat digunakan untuk membuat *edible coating* adalah protein (gelatin, kasein) dan karbohidrat. Penggunaan protein sebagai bahan *edible coating* telah banyak diteliti seperti gluten gandum (Gennadios *et al.*, 1993), putih telur (Gennadios *et al.*, 1996), zein jagung (Parris dan Coffin, 1997), dan *whey protein* (Perez-Gago dan Krochta, 1999) serta protein dari biji-bijian seperti kedelai (Bradenburg *et al.*, 1993), kacang tanah (Jangchud dan Chinnan, 1999) dan kacang kapri (Choi dan Han, 2001). Sumber karbohidrat adalah pektin dari kulit jeruk, ketela pohon (pati) dan rumput laut (alginat). Lipid yang digunakan adalah lilin/wax, gliserol dan asam lemak. Bahan dasar untuk membuat *edible film/coating* termasuk dalam kriteria GRAS (*Generally Recognized as Safe*) yang dikeluarkan oleh FDA maupun FAO (Krochta *et al.*, 1994). Penelitian terhadap bahan pembentuk *edible coating* sangat penting, karena bahan-bahan penyusun tersebut mempengaruhi sifat-sifat lapisan yang terbentuk.

Mutu buah-buahan yang telah dipanen pada dasarnya tidak dapat ditingkatkan, tetapi dapat dipertahankan melalui penanganan pasca panen secara tepat. Kegiatan fisiologis pada buah-buahan yang telah dipanen masih tetap berjalan, sehingga mengalami beberapa perubahan kimia, fisik dan organoleptik. Durian sebagaimana buah-buahan lainnya, setelah dipanen akan mengalami perubahan kimia, fisik dan organoleptik.

Respirasi adalah suatu proses metabolisme pada buah dan sayuran dengan cara menggunakan oksigen pada pembakaran senyawa makromolekul seperti karbohidrat, protein, dan lemak yang menghasilkan karbondioksida, air dan sejumlah besar elektron-elektron dan energi. Penggunaan *edible coating* pada buah-buahan dan sayuran dapat memperpanjang umur simpan. *Film* ini akan memberikan lingkungan yang berbeda pada buah dan sayuran yang disimpan. Keadaan ini disebabkan pertukaran O_2 dan CO_2 sebagai akibat kegiatan respirasi bahan masih tetap berjalan. Pelapisan bahan *edible coating* pada permukaan buah dan sayuran segar telah banyak dicoba seperti pada apel.

Persyaratan umum bahan *edible coating* untuk buah dan sayur antara lain mudah kering, mudah menempel, tidak mudah retak, tidak toksik (aman), tidak mempengaruhi rasa dan warna buah, mudah diperoleh, murah harganya, licin dan mengkilap. Bahan dasar pembentuk *edible coating* sangat mempengaruhi sifat-sifat *edible coating* itu sendiri. *Edible coating* yang berasal dari hidrokoloid memiliki permeabilitas yang baik terhadap

1 gas O_2 dan CO_2 , meningkatkan kekuatan fisik, namun permeabilitas terhadap uap air sangat rendah akibat sifat hidrofiliknya. Oleh karena itu protein dan polisakarida tidak dapat digunakan sebagai penahan (*barrier*) terhadap kelembaban pada permukaan yang mempunyai a_w permukaan tinggi. Bahan lapisan hidrofilik sebaiknya dihindari penggunaannya untuk menyimpan buah pada kelembaban relatif yang tinggi.

Edible coating dari lemak memiliki ketahanan yang baik terhadap uap air, meningkatkan kilap permukaan dan mengurangi abrasi. Pada suhu ruang, bahan yang berasal dari lemak merupakan penahan (*barrier*) yang baik terhadap uap air, yang terbaik sedangkan *edible coating* yang berasal dari polisakarida lebih unggul dalam menahan perpindahan gas dibandingkan dengan uap air. *Edible coating* yang hanya terdiri dari satu komponen bahan tidak dapat memberikan hasil yang memuaskan dibandingkan dengan yang dibuat dari emulsi campuran beberapa bahan.

Pelapisan paprika hijau dengan *edible coating* berbahan dasar mineral oil (lemak) mampu mempertahankan kesegaran dan kekerasan paprika selama 20 hari. Penyimpanan dalam ruang bersuhu $10^{\circ}C$ akan mengurangi kehilangan air dari buah, sedangkan *edible coating* berbahan dasar selulosa, protein (*whey protein* dan *sodium caseinat*) serta campuran *beeswax* dan *sodium caseinat* yang bersifat penahan gas yang baik, tidak dapat mempertahankan mutu paprika selama penyimpanan. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada buah paprika, penurunan laju transpirasi lebih penting dibandingkan penurunan laju respirasi. Untuk mengurangi permeabilitas uap air yang tinggi pada bahan edible diperlukan penambahan senyawa lemak yang hidrofobik.

1 Pelapisan tomat dengan *edible film* dari *corn zein* (protein) menghambat perubahan warna tomat selama penyimpanan. Keadaan ini disebabkan sifat penahan (*barrier*) lapisan *corn zein* terhadap transmisi gas O_2 dan CO_2 yang lebih rendah. Faktor-faktor yang mempengaruhi respirasi adalah faktor dalam dan luar. Faktor dalam meliputi tingkat pengembangan sel, besarnya komoditas, kulit penutup alamiah, serta tipe jaringan. Faktor luar terdiri dari suhu lingkungan, konsentrasi O_2 dan CO_2 , hormon tanaman, etilen dan keutuhan jaringan. Buah-buahan yang disimpan pada suhu rendah akan mempunyai periode waktu simpan yang lebih lama. Namun hal tersebut tergantung pada varietas dan tingkat kematangan.

Perubahan-perubahan fisik, kimia dan biologis yang terjadi dalam bahan pangan selama pembekuan dan pencairan merupakan proses yang sangat kompleks dan belum seluruhnya diketahui. Titik beku suatu cairan adalah suhu di mana cairan tersebut dalam

keadaan seimbang dengan bentuk padatnya. Suatu larutan dengan tekanan uap yang lebih rendah dari zat pelarut murni tidak akan seimbang dengan zat pelarut yang padat pada titik beku normalnya. Titik beku bahan pangan adalah lebih rendah dari air murni. Sebagian besar bahan pangan kadar airnya tinggi. Oleh karena itu bahan pangan akan membeku pada suhu di antara 0⁰ C dan -4⁰ C. Selama berlangsungnya pembekuan, suhu bahan pangan tersebut relatif tetap sampai sebagian besar bahan pangan tersebut membeku dan setelah beberapa waktu suhu akan mendekati medium pembeku.

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Garnida, dkk. (2009) menunjukkan hasil sebagai berikut:

1. Interaksi antara sumber karbohidrat, protein dan lemak berpengaruh terhadap laju transmisi uap air, kuat tarik dan persen elongasi, namun tidak berpengaruh terhadap ketebalan dan pengujian organoleptik.
2. Interaksi antara *edible coating* dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap susut bobot, kadar oksigen, kadar karbondioksida, kadar air, kekerasan, kadar gula total, kadar vitamin C, total bakteri dan penilaian organoleptik, namun tidak berpengaruh terhadap derajat keasaman (pH), total asam, total kapang dan total khamir.
3. Bahan campuran *edible coating* dari sumber karbohidrat, lemak dan protein dapat diaplikasikan pada buah durian terolah minimal.
4. Formulasi bahan *edible coating* yang merupakan campuran sumber karbohidrat, lemak dan protein dapat memperpanjang umur simpan buah durian terolah minimal yang disimpan pada suhu beku (-7⁰ C).
5. Sumber karbohidrat, protein dan lemak terpilih sebagai bahan pelapis *edible coating* yang diaplikasikan pada buah durian terolah minimal adalah pektin (3%), isolat protein kedelai (0,75%) dan wax (2%).
6. Umur simpan buah durian terolah minimal dengan *edible coating*, yang merupakan campuran pektin, isolat protein kedelai dan wax (lilin cair) berdasarkan penurunan kadar vitamin C diprediksi mempunyai umur simpan yang lebih panjang (45 hari) dibandingkan buah durian tanpa *edible coating* (30 hari).

7.4 Pengamatan Terhadap *Edible Film* yang Digunakan untuk *Edible Coating* Buah Durian

1 7.4.1 Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air (WVTR) didefinisikan sebagai besarnya laju aliran uap air melewati suatu unit area pada waktu dan kondisi tertentu. Pengukuran nilai WVTR suatu bahan merupakan faktor yang penting dalam menilai permeabilitas bahan *edible film* terhadap uap air.

Berdasarkan hasil analisis statistik, terjadi interaksi antara sumber karbohidrat, protein dan lipid terhadap laju transmisi uap air. Laju transmisi uap air tertinggi diperoleh dari campuran tepung maizena, gelatin dan lilin cair yaitu sebesar 919,06 g/m²/24 jam. Laju transmisi uap air terendah diperoleh dari campuran gum Arab, Isolat Protein Kedelai (IPK) dan lilin cair, yaitu sebesar 438,26 g/m²/24 jam. Pada sumber karbohidrat (pektin) dan lipid yang berbeda (GMS atau wax), penambahan gelatin dan IPK menghasilkan laju transmisi yang berbeda. Penambahan IPK ternyata menghasilkan laju transmisi uap air yang lebih baik dibandingkan dengan gelatin. Namun penambahan gum arab dan wax pada sumber protein (gelatin dan IPK) menunjukkan hasil yang berbeda.

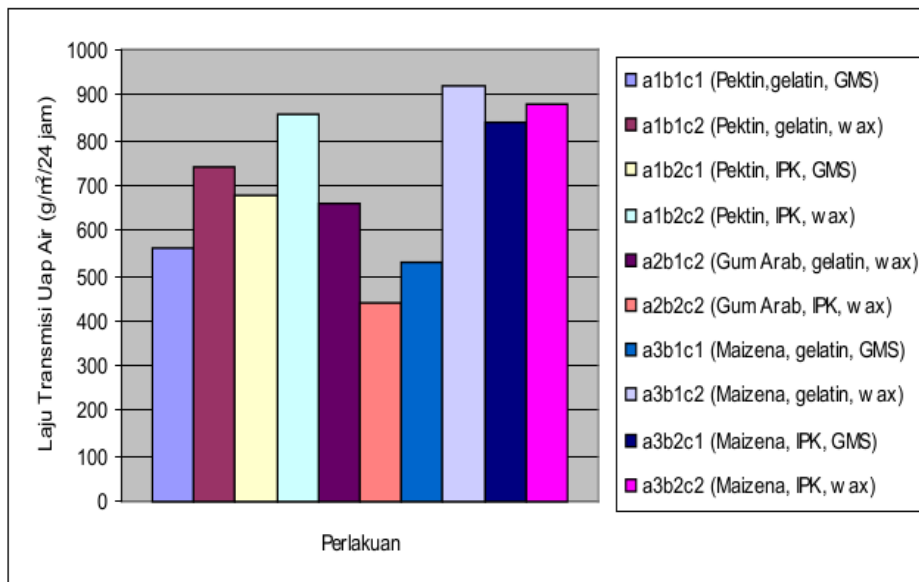
1
Penambahan tepung maizena ternyata dapat meningkatkan laju transmisi uap air *edible film* pada berbagai sumber protein dan lemak yang berbeda. Wax (*britex*) yang ditambahkan, secara signifikan dapat meningkatkan laju transmisi uap air apabila ditambahkan pada tepung maizena dan sumber protein yang berbeda. Penggunaan sumber protein (gelatin dan IPK) pada tepung maizena dan wax akan menghasilkan laju transmisi uap air yang cukup tinggi.

Laju transmisi uap air suatu bahan dipengaruhi oleh sifat kimia dan struktur bahan pembentuk, konsentrasi *plasticizer* dan kondisi lingkungan seperti kelembaban dan temperatur. Namun pada penelitian ini, semua kondisi selain komposisi dan konsentrasi bahan pembentuk diusahakan sama, sehingga perbedaan nilai laju transmisi uap air tersebut berasal dari perbedaan bahan yang digunakan.

Hasil percobaan menunjukkan penambahan komponen Gliseril Monostearat (GMS) yang merupakan turunan lemak pada campuran pektin dan IPK yang bersifat hidrofilik, dapat mengurangi laju transmisi uap air *edible film* yang dihasilkan. Kondisi

tersebut diduga karena adanya gugus hidrofobik pada senyawa GMS. *Edible film* yang berasal dari komponen lipid mempunyai sifat ketahanan terhadap uap air yang baik. Pada penelitiannya dinyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi lipid (asam lemak), laju transmisi uap air film semakin rendah. Penambahan *acetylated monoglyceride* pada komponen natrium caseinat menurunkan permeabilitas uap air secara nyata.

Penambahan lipid dengan tujuan untuk memperbaiki sifat transmisi uap air *edible film* akan lebih efektif dibandingkan dengan penambahan protein pada komponen polisakarida. Gliseril monostearat (GMS) dapat menahan transmisi uap air. Sifat ini disebabkan adanya gugus hidrofobik (non polar), yaitu radikal asam stearat ($C_{17}H_{35}COO$) pada senyawa GMS. Gugus hidrokarbon dan eter merupakan komponen utama yang bersifat menolak air dan mengakibatkan rendahnya permeabilitas.



Gambar 7.2 Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Laju Transmisi Uap Air ($g/m^2/24$ jam).

Secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan isolat protein kedelai (IPK) yang mengandung gugus hidrofilik akan menyebabkan nilai laju transmisi uap air (WTVR) rendah. Keadaan ini dimungkinkan oleh sifat molekul protein yang dapat menyerap air sehingga struktur molekul *edible film* yang terbentuk menjadi kurang padat dan memudahkan uap air melaluinya. Semakin besar konsentrasi IPK menyebabkan

1 interaksi protein-air semakin besar sehingga *edible film* akan membengkak (*swollen*), selanjutnya memudahkan uap air melewati *edible film* dan permeabilitas uap airnya menjadi semakin tinggi.

1 Berdasarkan laju transmisi uap air *edible film*, laju transmisi uap air *edible film* untuk buah terolah minimal tidak boleh terlalu tinggi dan tidak boleh terlalu rendah. Laju transmisi uap air *edible film* untuk buah terolah minimal harus antara 700-950 g/m²/24 jam. Berdasarkan hasil penelitian, maka perlakuan yang memenuhi kriteria pada percobaan ini adalah a₁b₂c₂ (campuran pektin, IPK dan wax), a₃b₁c₂ (campuran tepung maizena, gelatin dan wax), a₃b₂c₁ (campuran tepung maizena, IPK dan GMS) dan a₃b₂c₂ (campuran tepung maizena, IPK dan wax).

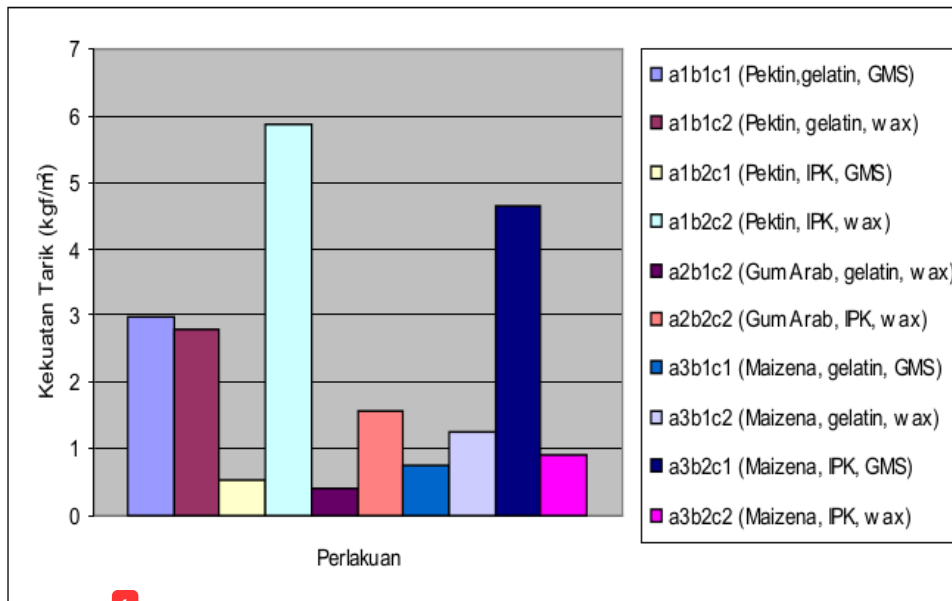
7.4.2 Kekuatan Tarik (*Tensile strength*)

Kekuatan tarik merupakan suatu pengukuran terhadap sifat mekanik *edible film*. Kekuatan tarik adalah tekanan maksimum yang dapat ditahan suatu *film* sebelum putus. Persen elongasi adalah perubahan panjang maksimum yang dialami *edible film* saat mulai sobek. Kedua parameter tersebut dapat digunakan sebagai indikator dalam pemilihan suatu *edible film*. Kriteria *edible film* yang baik adalah memiliki kekuatan tarik dan persen elongasi yang tinggi, karena hal ini akan mempengaruhi kekuatan *edible film* terhadap kontak fisik dengan benda lain sehingga tidak mudah sobek dan bahan yang dilapisi menjadi tahan lama. Terjadi interaksi antara sumber karbohidrat, protein dan lipid terhadap kuat tarik *edible film*. Kuat tarik tertinggi didapatkan dari campuran pektin, IPK dan wax (britex) yaitu sebesar 5,86 kgf/mm². Kuat tarik terendah diperoleh dari campuran gum arab, gelatin dan wax (britex) yaitu sebesar 0,41 kgf/mm².

1 Penambahan sumber karbohidrat (pektin), IPK dan wax akan menghasilkan kuat tarik yang tinggi (5,86 kgf/mm²), sedangkan pada penggunaan sumber karbohidrat gum arab dengan IPK dan wax akan menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi (1,58 kgf/mm²) dibandingkan bila dicampurkan dengan gelatin dan GMS (0,41 kgf/mm²). Demikian pula terjadi pada sumber karbohidrat lainnya, yaitu tepung maizena yang bila dicampurkan dengan IPK dan GMS akan menghasilkan kuat tarik yang lebih tinggi (4,66 kgf/mm²) bila dibandingkan dicampur dengan gelatin dan wax (1,26 kgf/mm²). Penambahan pektin dengan sumber protein (gelatin dan IPK) dan sumber lemak (GMS dan wax) akan menghasilkan kuat tarik yang tinggi pula.

1 Kekuatan tarik *edible film* yang terbuat dari campuran sumber karbohidrat, protein dan lipid bervariasi antara 0,41 kgf/mm² sampai dengan 5,86 kgf/mm². Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa kombinasi bahan penyusun formula *edible film* berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Komponen polisakarida dalam formula *edible film* komposit berfungsi sebagai pembentuk struktur matriks dan pemberi sifat kohesi. Kekuatan mekanik *edible film* tergantung pada jenis bahan pembentuknya, terutama sifat kohesi struktural. Kohesi struktural adalah kemampuan polimer untuk membentuk kuat tidaknya ikatan molekul antar rantai polimer. Kekuatan gel pektin *low metoxy pectin* (LMP) yang terbentuk tergantung pada konsentrasi pektin dan padatan terlarut. Semakin tinggi konsentrasi pektin menyebabkan peningkatan kekuatan antar rantai molekul dalam matriks film akibat semakin banyak dan dekatnya jarak antar molekul. Peningkatan gaya tarik menarik antar molekul menyebabkan terjadinya ikatan yang kuat antara protein-pektin, pektin-pektin dan protein-protein sehingga struktur film yang terbentuk menjadi kuat dan rapat dan pada akhirnya kekuatan tarik film akan meningkat.

Peningkatan kekuatan tarik akibat penambahan IPK disebabkan oleh peningkatan interaksi protein-protein dan interaksi pektin-protein dalam jaringan matriks *edible film*. Peningkatan gaya tarik menarik antar molekul penyusun *edible film* tersebut menyebabkan peningkatan kekuatan strukturnya. Kondisi ini berkaitan dengan sifat protein yang menghasilkan struktur yang rapat melalui peningkatan gaya inter dan intra molekul. Jumlah isolat protein kedelai (IPK) yang ditambahkan disarankan tidak lebih dari 0,75%. Penambahan IPK lebih dari 0,75% dapat menurunkan kekuatan tarik *edible film*. Berkurangnya kekuatan tarik *edible film* tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh sifat hidrofilik IPK yang mudah menyerap air. Adanya interaksi protein-air menyebabkan ikatan polimer-polimer menjadi berkurang (longgar) dan selanjutnya meningkatkan mobilitas rantai protein sehingga kekuatan tariknya menjadi menurun.



Gambar 7.3 Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Kuat Tarik (Kgf/mm^2).

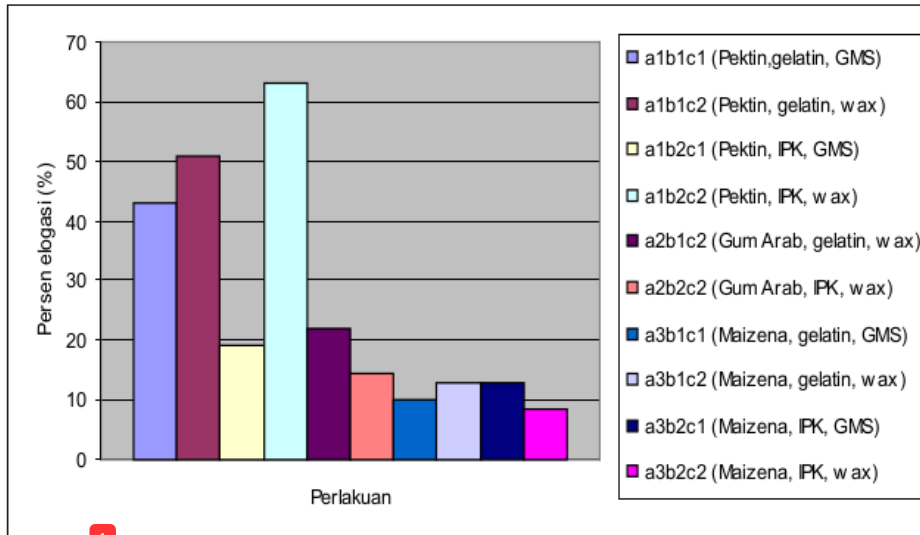
Gliseril monostearat (GMS) yang ditambahkan ke dalam campuran pektin dan IPK mengakibatkan penurunan kekuatan tarik *edible film*. Penurunan kekuatan tarik suatu *edible film* akibat penambahan komponen lipid disebabkan hilangnya daya kohesi karena struktur matrik yang terbentuk oleh komponen polisakarida menjadi lemah. Penambahan GMS menghasilkan *edible film* yang terbentuk menjadi lunak akibat kurang memberikan reaksi regangan terhadap tarikan. Gaya tarik yang kecil akan menyebabkan film mudah putus.

7.4.3 Persen Elongasi

Persen elongasi adalah persen pertambahan panjang bahan materi film dari panjang awal pada saat mengalami penarikan hingga putus. Penambahan pektin pada berbagai campuran sumber protein dan lipid menghasilkan persen elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sumber karbohidrat lainnya, yaitu gum Arab dan tepung maizena. Hasil lainnya adalah pada penggunaan pektin, sumber protein yang berbeda, ternyata wax yang ditambahkan akan meningkatkan persen elongasi dibandingkan dengan gliseril monostearat (GMS). Campuran gum Arab, wax dan IPK menghasilkan

1

persen elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan gum arab, gelatin dan wax. Keadaan ini menunjukkan penambahan IPK sangat signifikan meningkatkan persen elongasi dibandingkan dengan gelatin. Pada campuran yang menggunakan tepung maizena, penambahan gelatin dan wax menghasilkan persen elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan IPK dan GMS.



1

Gambar 7.4 Histogram Hubungan antara Sumber Karbohidrat, Protein dan Lipid Terhadap Persen Elongasi (%).

1

Fleksibilitas *edible film* dipengaruhi oleh polaritas senyawa pembentuknya. Senyawa yang bersifat polar menyebabkan terjadinya ikatan antara air-polimer, sehingga ikatan antar polimer menjadi berkurang. Penambahan IPK yang termasuk komponen hidrofilik menyebabkan terbentuknya ruang bebas yang meningkatkan mobilitas molekul dan persen elongasi *edible film*. Penambahan wax (lilin cair) pada campuran pektin dan IPK cenderung meningkatkan persen elongasi. Peningkatan elastisitas *edible film* ini disebabkan semakin lunaknya *edible film* setelah penambahan wax (lilin). Komponen wax (*britex*) merupakan senyawa surfaktan yang memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik. Adanya gugus polar tersebut mengakibatkan kemungkinan terjadinya ikatan dengan molekul air. Interaksi polimer-air menyebabkan berkurangnya interaksi polimer-polimer sehingga *edible film* menjadi lebih fleksibel. Penambahan lemak (lipid) yang berlebihan menyebabkan film menjadi tidak fleksibel akibat hilangnya sifat kohesif yang disebabkan melemahnya matriks penunjang (polisakarida).

7.5 *Edible Coating* Pada Buah Durian

7.5.1 Susut Bobot

Susut bobot merupakan parameter mutu pascapanen buah-buahan yang berkaitan dengan banyaknya air yang hilang, baik karena proses transpirasi maupun respirasi. Oleh karena itu untuk mempertahankan masa simpan buah durian diperlukan usaha untuk menghambat hilangnya uap air tersebut. Susut berat sebagian besar dipengaruhi oleh proses penguapan, sedangkan kehilangan karbon dalam respirasi hanya merupakan bagian yang kecil pada hasil hortikultura. Kehilangan air merupakan penyebab utama kerusakan produk, karena selain berpengaruh langsung terhadap kehilangan kuantitatif (bobot). Namun juga menyebabkan penurunan kualitas penampilannya, karena layu dan pengkerutan, tekstur yang menjadi lunak, lembek, rapuh, hilangnya kerenyahan dan *juice*, serta kualitas nutrisi. Oleh karena itu, diperlukan usaha untuk menghambat hilangnya uap air agar mutu buah dapat dipertahankan.

Berdasarkan hasil penelitian Garnida (2009), interaksi antara penggunaan *edible coating* dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap susut bobot buah durian terolah minimal. Pada penyimpanan 1 bulan menunjukkan bahwa buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* tidak berbeda dengan buah durian kontrol (tidak menggunakan *edible coating*). Keadaan ini menunjukkan susut bobot buah durian dengan *edible coating* adalah sama dibandingkan dengan buah durian tanpa *edible coating*. Namun pada penyimpanan 2 bulan, susut bobot antara buah durian tanpa *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol (tanpa *edible coating*). Susut bobot pada buah durian dengan *edible coating* lebih rendah (0,77%) dibandingkan dengan susut bobot buah durian tanpa perlakuan *edible coating* (3,49%). Keadaan ini menunjukkan bahwa penurunan susut bobot pada buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating*.

Hasil pengamatan terhadap susut bobot menunjukkan bahwa terjadi penyusutan bobot buah durian selama penyimpanan secara signifikan, yaitu terjadi pada buah durian tanpa *edible coating*. Peranan bahan pelapis (*edible coating*) terhadap buah durian selama penyimpanan pada suhu beku sebagai upaya memperkecil susut bobot cukup efektif, karena suhu yang sangat rendah dapat menghambat proses metabolisme atau respirasi sehingga kehilangan zat-zat makro relatif kecil. Bahan pelapis (*edible*

1

coating) berperan untuk memperkecil transpirasi dan memperlambat proses respirasi, sehingga kehilangan air dari dalam buah durian dapat diperkecil dan penurunan susut berat dapat diperkecil pula.

Susut bobot selama penyimpanan disebabkan terutama oleh transpirasi, yaitu hilangnya uap air. Berkaitan dengan laju kehilangan air dari buah durian, menunjukkan bahwa pelapis dengan *edible coating* mampu menghambat laju penguapan air. Selain itu laju transmisi uap air *edible coating* yang relatif rendah dapat mengakibatkan penghambatan transfer uap air dari dalam buah ke lingkungan. Pelapisan *corn zein film* mengakibatkan penurunan susut bobot pada buah tomat selama penyimpanan. Demikian pula dengan pelapisan pisang dengan lapisan berbasis sukrosa dan ester menghambat laju susut bobot buah selama penyimpanan.

1

7.5.2 Kadar Air

Sama halnya dengan susut bobot, kadar air buah durian selama penyimpanan cenderung menurun. Buah durian yang dilapisi *edible coating* mempunyai kadar air yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun perbedaan kadar air antar perlakuan tersebut nyata setelah penyimpanan bulan ke-1 dan ke-2. Interaksi antara *edible coating* dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kadar air durian terolah minimal. Buah durian yang dilapisi bahan *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol (tidak menggunakan *edible coating*). Kadar air buah durian dengan *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian tanpa *edible coating*. Keadaan ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian dengan perlakuan *edible coating*. Pada penyimpanan 2 bulan, kadar air antara buah durian dengan *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol. Seperti halnya pada penyimpanan 1 bulan, kadar air pada buah durian dengan *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air buah durian tanpa perlakuan *edible coating*. Hasil tersebut menunjukkan penurunan kadar air pada buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* selama penyimpanan. Kondisi ini terlihat dari kadar air pada awal penyimpanan, kemudian menurun secara signifikan pada penyimpanan 1 dan 2 bulan.

Penurunan kadar air buah durian selama penyimpanan kemungkinan disebabkan oleh kehilangan sebagian air melalui transpirasi. Jalur kehilangan air bervariasi pada

setiap komoditas. Relatif tingginya kadar air buah durian yang diberi lapisan *coating* diduga akibat kemampuan *coating* tersebut dalam menghambat transpirasi uap air.

7.5.3 Kadar Oksigen (O₂) dalam Kemasan

Penggunaan *edible coating* selama penyimpanan memberi pengaruh terhadap kadar O₂ yang bervariasi. Terjadi penurunan kadar oksigen secara signifikan selama penyimpanan pada buah durian terolah minimal yang mendapat perlakuan *edible coating* maupun tanpa *edible coating*. Namun kadar oksigen antara buah durian yang dilapisi dan tanpa *edible coating* selama penyimpanan tidak menunjukkan adanya perbedaan.

7.5.4 Kadar Karbondioksida (CO₂) dalam Kemasan

Komposisi gas dalam atmosfer penyimpanan dapat berpengaruh terhadap umur simpan buah segar. Peningkatan konsentrasi karbondioksida dan penurunan konsentrasi oksigen mempunyai pengaruh yang besar terhadap respirasi dan reaksi metabolik lainnya. Terjadi interaksi antara *edible coating* dan lama penyimpanan terhadap kadar gas karbondioksida (CO₂). Penggunaan *edible coating* dan lama penyimpanan pada buah durian memberi pengaruh terhadap gas CO₂ yang bervariasi. Pada penyimpanan 1 bulan, kandungan CO₂ buah durian terolah minimal yang mendapat perlakuan *edible coating* dan tanpa *edible coating* tidak menunjukkan adanya perbedaan. Namun perbedaan antara kedua perlakuan tersebut mulai terlihat pada penyimpanan 2 bulan.

Laju respirasi pada buah durian dengan pelapis *edible coating* 2 bulan penyimpanan lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (tanpa *edible coating*) selama penyimpanan. Keadaan ini disebabkan oleh tertutupnya sebagian permukaan buah durian oleh bahan pelapis, sehingga kontak dengan O₂ relatif kecil. Buah durian tanpa perlakuan bahan *edible coating* menunjukkan kandungan CO₂ yang lebih tinggi dari perlakuan buah durian dengan *edible coating*. Tingginya kandungan gas CO₂ kemungkinan disebabkan adanya difusi gas CO₂ dari luar ke dalam kemasan. Fenomena ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Kays (1991) bahwa gas yang terdapat pada lingkungannya akan berdifusi sesuai dengan permeabilitas kemasan plastik dan tergantung kondisi lingkungan.

7.5.5 Kekerasan

Kekerasan buah selama penyimpanan merupakan parameter mutu yang penting bagi konsumen. Komoditas yang memiliki nilai kekerasan rendah dianggap rendah pula mutunya. Penurunan buah dapat disebabkan oleh kehilangan turgor, degradasi pati atau perombakan dinding sel buah. Selama penyimpanan, nilai kekerasan buah menurun akibat terjadinya perubahan pektin yang tidak larut dalam air menjadi asam pektat yang mudah larut dalam air. Perubahan pektin ini menyebabkan sel kehilangan sifat turgornya dan menjadi lunak. Pengukuran kekerasan buah dengan penetrometer menunjukkan bahwa semakin besar nilainya, maka kekerasan buah semakin kecil, berarti buah tersebut semakin lunak. Nilai kekerasan buah durian selama penyimpanan menurun. Buah durian yang diberi lapisan *edible coating* mengalami pelunakan yang lebih lambat dibandingkan buah durian tanpa perlakuan). Interaksi antara penggunaan *edible coating* dan lama penyimpanan berpengaruh terhadap kekerasan buah durian terolah minimal.

Buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol (tidak menggunakan *edible coating*) pada penyimpanan 1 bulan. Nilai kekerasan buah durian dengan *edible coating* lebih rendah dibandingkan dengan buah durian tanpa *edible coating*. Keadaan ini menunjukkan bahwa buah durian dengan *edible coating* pada penyimpanan 1 bulan lebih keras dibandingkan dengan buah durian tanpa pelapis *edible coating*. Pada penyimpanan 2 bulan, kekerasan antara buah durian tanpa *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol. Seperti halnya pada penyimpanan 1 bulan, nilai kekerasan pada buah durian dengan *edible coating* lebih rendah dibandingkan dengan kadar air buah durian tanpa perlakuan *edible coating*. Hasil ini menunjukkan bahwa buah durian tanpa *edible coating* pada penyimpanan 2 bulan lebih lunak dibandingkan dengan buah durian dengan pelapis *edible coating*.

Penurunan tingkat kekerasan pada buah durian tanpa *edible coating* selama penyimpanan lebih besar dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating*. Kondisi ini terlihat dari nilai kekerasan pada awal penyimpanan, kemudian meningkat secara signifikan pada penyimpanan 1 dan 2 bulan. Buah durian tanpa *edible coating* kelunakannya meningkat selama penyimpanan. Buah durian terolah minimal yang mendapat perlakuan *edible coating* tidak menunjukkan adanya perbedaan nilai kekerasan antara penyimpanan 1 dan 2 bulan. Namun demikian penurunan kekerasan

yang signifikan pada kedua perlakuan tersebut terjadi antara penyimpanan 0 dan 1 bulan.

Peningkatan kelunakan buah dan sayuran dapat disebabkan karena terjadinya perombakan pada komponen penyusun dinding sel. Dinding sel buah-buahan dan sayur-sayuran berhubungan erat dengan tekanan turgor yang umumnya disebabkan oleh perubahan komposisi dinding sel, menyebabkan buah dan sayur semakin lunak. Saat buah menjadi matang, protopektin yang tidak larut dirombak menjadi pektin yang larut, sehingga ketegaran buah berkurang. Melunaknya buah selama penyimpanan disebabkan oleh aktivitas enzim poligalakturonase yang menguraikan protopektin dengan komponen utama poligalakturonat menjadi asam galakturonat.

Lambatnya pelunakan buah durian selama penyimpanan yang dilapisi *edible coating* diduga karena pelapisan *coating* menghambat transpirasi, sehingga kehilangan air dari buah berkurang dan ketegaran buah lebih tinggi dibandingkan tanpa pelapisan. Pelunakan pada buah berhubungan secara langsung dengan kehilangan air dari buah. Kemungkinan lainnya adalah penurunan laju respirasi yang mengakibatkan perombakan karbohidrat menjadi komponen yang larut air menjadi berkurang. Tambahnya pelunakan buah tomat adalah akibat pelapisan dengan *film corn zein*. Buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* dan kontrol mengalami perubahan kekerasan selama penyimpanan. Pada awal penyimpanan, kekerasan buah durian tinggi, kemudian selama penyimpanan mengalami penurunan. Peningkatan pelunakan disebabkan oleh penguapan air. Air sel yang menguap menyebabkan sel menjadi menciut, ruang antar sel menjadi menyatu dan zat pektin yang berada pada ruang antar sel akan saling berikatan. Meningkatnya pelunakan pada buah-buahan selama penyimpanan disebabkan oleh hilangnya tekanan turgor, perombakan pati menjadi glukosa dan degradasi dinding sel. Meningkatnya pelunakan juga disebabkan terjadinya perubahan protopektin (yang tidak larut) menjadi pektin yang larut air sehingga sel kehilangan sifat turgornya. Pada buah terolah minimal lebih banyak disebabkan oleh degradasi dinding sel akibat hilangnya kulit sebagai pelindung alami. Degradasi membran lipid dinding sel akan mengakibatkan sistem kompartemen antara enzim dan substrat berkurang atau tidak ada, sehingga enzim akan dapat bekerja secara aktif. Lapisan *edible coating* akan memperlambat terlepasnya ikatan matriks pektin dengan selulosa pada dinding sel karena terbatasnya O_2 internal yang berpengaruh pada aktivitas enzim hidrolase sehingga proses pelunakan lebih lambat.

7.5.6 Kadar Gula Total

Gula yang terkandung dalam buah, baik yang bebas maupun yang terikat pada zat-zat lain merupakan komponen yang penting untuk mendapatkan rasa buah melalui rasio gula dan asam, warna yang menarik, serta tekstur yang utuh. Pada penyimpanan 1 bulan menunjukkan bahwa buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* tidak berbeda dengan buah durian kontrol (tidak menggunakan *edible coating*). Kadar gula total buah durian dengan *edible coating* sama dibandingkan dengan buah durian tanpa *edible coating*. Pada penyimpanan 2 bulan, kadar gula total antara buah durian tanpa *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol. Kadar gula total pada buah durian terolah minimal dengan *edible coating* lebih rendah dibandingkan dengan kadar gula total buah durian terolah minimal tanpa perlakuan *edible coating*. Lebih tingginya kadar gula total pada buah durian tanpa *edible coating* disebabkan oleh proses perombakan komponen yang terdapat di dalam buah durian akibat adanya proses respirasi, sedangkan dengan perlakuan *edible coating* proses respirasinya dapat diperlambat oleh adanya lapisan *coating* pada permukaan buah durian.

Kenaikan total gula selama penyimpanan disebabkan masih tersedianya zat pati yang dapat dirombak menjadi gula. Pada buah klimakterik perubahan yang jelas selama proses pematangan buah adalah kenaikan kadar gula dan penurunan zat patinya. Peningkatan total gula disebabkan karena terjadinya akumulasi gula sebagai hasil degradasi pati, sedangkan penurunan terjadi karena sebagian gula digunakan untuk proses respirasi.

7.5.7 Total Asam

Perubahan kadar total asam pada buah dan sayur menandai terjadinya perubahan kimia pada buah dan sayuran tersebut. Asam-asam organik merupakan cadangan energi buah dan akan menurun selama peningkatan aktivitas metabolisme selama pemasakan. Semakin tinggi kandungan asam, semakin tinggi pula ketahanan simpan buah tersebut. Asam organik yang terdapat pada buah adalah asam sitrat, asam malat, asam oksalat, asam tartarat, asam quinat, asam klorogenat dan asam shikimat.

Tidak terjadi interaksi antara *edible coating* dan lama penyimpanan terhadap kadar total asam buah durian terolah minimal. Pada awal dan 1 bulan penyimpanan tidak terbentuk asam, baik buah durian kontrol (tanpa *edible coating*) maupun dengan *edible*

1 *coating*. Terbentuknya asam baru terjadi setelah 2 bulan penyimpanan, namun tidak signifikan diantara kedua perlakuan tersebut. Pada penyimpanan 2 bulan, kadar total asam mengalami peningkatan. Total asam pada buah-buahan akan mencapai maksimum selama pertumbuhan dan perkembangan, kemudian menurun selama penyimpanan. Peningkatan kandungan asam disebabkan oleh reduksi aktivitas respirasi, pengikatan CO₂ dan adanya enzim yang merubah asam malat menjadi asam piruvat atau oksaloasetat.

1 7.5.8 Derajat Keasaman (pH)

Terjadi perbedaan pada buah durian yang disimpan 0 bulan dengan 1 bulan maupun 2 bulan. Namun tidak terjadi perubahan pH yang signifikan antara penyimpanan 1 bulan dengan 2 bulan. Keadaan ini menunjukkan bahwa penurunan pH buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian dengan perlakuan *edible coating*.

7.5.9 Vitamin C

Vitamin C merupakan zat gizi yang cukup penting pada buah-buahan. Kandungan vitamin C tinggi pada saat buah tua sampai matang dan akan menurun pada saat buah terlampaui matang sehingga dapat dijadikan sebagai indikator pematangan buah. Vitamin C sangat sensitif dan mudah rusak oleh faktor luar seperti suhu, cahaya, alkali, enzim, oksigen dan katalisator logam.

1 Berdasarkan hasil penelitian Garnida (2009), terjadi interaksi antara penggunaan *edible coating* dan lama penyimpanan terhadap kadar vitamin C durian terolah minimal. Pada penyimpanan 1 bulan, buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol (tidak menggunakan *edible coating*). Kandungan vitamin C buah durian dengan pelapis *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian tanpa pelapis *edible coating*. Keadaan ini menunjukkan bahwa penurunan kadar vitamin C buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian dengan perlakuan *edible coating*.

Pada penyimpanan 2 bulan, kandungan vitamin C antara buah durian tanpa *edible coating* berbeda dengan buah durian kontrol. Seperti halnya pada penyimpanan 1 bulan, kandungan vitamin C pada buah durian dengan *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan kadar vitamin C buah durian tanpa perlakuan *edible*

coating. Penurunan kadar vitamin C pada buah durian tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating*. Kondisi ini terlihat dari kandungan vitamin C pada awal penyimpanan, kemudian menurun secara signifikan pada penyimpanan 1 dan 2 bulan.

Hasil pengamatan terhadap kadar vitamin C buah durian terolah minimal berlapis *edible coating* yang dikemas dalam *white stretch film* menunjukkan terjadinya penurunan. Kandungan vitamin C buah dapat meningkat karena terjadinya sintesis vitamin C secara alami, dimana glukosa merupakan prekursor dan pembentuk vitamin C melalui proses oksidasi, sedangkan kandungan vitamin C dapat menurun karena terjadinya oksidasi pada kondisi aerobik atau proses lainnya. Kandungan vitamin C pada buah akan berkurang selama penyimpanan, karena vitamin C terlibat dalam berbagai fungsi yang berhubungan dengan respirasi sel dan kerja enzim yang mekanismenya belum sepenuhnya diketahui. Penurunan kandungan vitamin C pada buah atau sayuran berhubungan dengan meningkatnya aktivitas enzim askorbat oksidase, peroksidase, sitokrom oksidase dan polifenol oksidase. Perlakuan yang menimbulkan kerusakan sel, seperti pengupasan, pemotongan dan penghancuran memberikan kesempatan enzim kontak dengan substrat (Klein, 1987). Menurunnya kandungan vitamin C juga merupakan akibat tidak langsung dari transpirasi buah. Adanya lapisan *edible coating* dapat memperlambat proses respirasi dan transpirasi, sehingga penurunan vitamin C dapat ditekan.

7.5.10 Jumlah Bakteri

Jumlah bakteri pada durian terolah minimal tanpa dan dengan pelapis *edible coating* meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan. Pada 1 dan 2 bulan, jumlah bakteri pada durian terolah minimal tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating*. Berdasarkan jumlah bakteri, buah durian terolah minimal dengan *edible coating* masih aman untuk dikonsumsi sampai penyimpanan 2 bulan.

Jumlah mikroorganisme yang diperbolehkan pada buah terolah minimal belum ada acuannya, namun mengingat buah terolah minimal dikonsumsi langsung, maka dapat digunakan acuan jumlah mikroorganisme pada buah-buahan beku. Jumlah mikroorganisme pada buah-buahan beku harus kurang dari $5,0 \times 10^4$ cfu/g dengan

1 jumlah bakteri coli tidak lebih dari 10^2 cfu/g. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, buah durian yang mendapat perlakuan dengan atau tanpa *edible coating* masih layak untuk dikonsumsi. Namun, pertumbuhan bakteri pada buah durian tanpa *edible coating* selama penyimpanan sangat tinggi dan pada penyimpanan 2 bulan hampir mendekati batas maksimum jumlah bakteri yang layak untuk dikonsumsi.

7.5.11 Jumlah Kapang dan Khamir

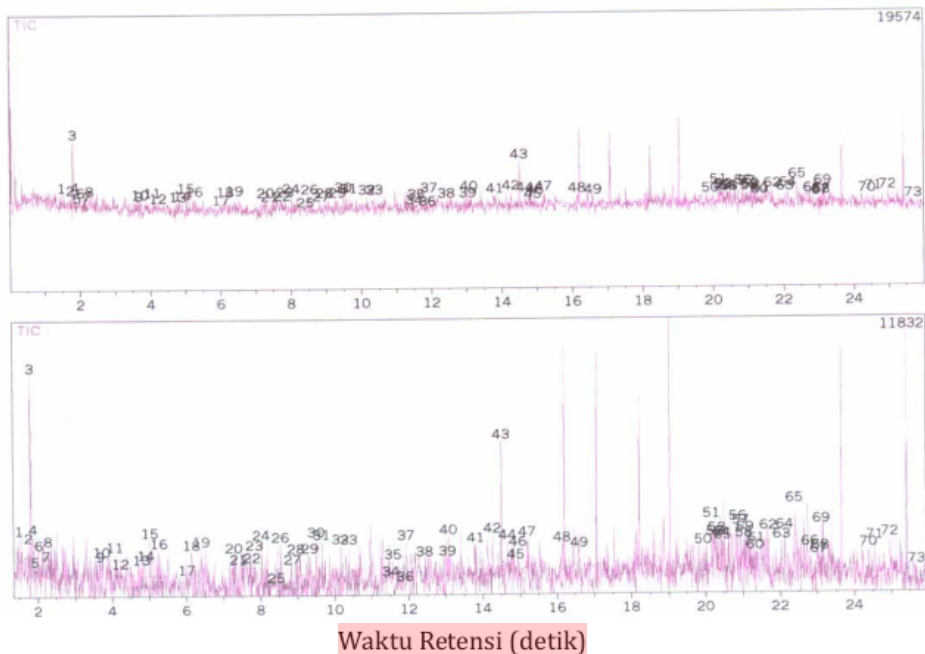
1 Tidak terjadi interaksi antara penggunaan *edible coating* dan lama penyimpanan terhadap total kapang buah durian terolah minimal. Jumlah kapang selama penyimpanan buah durian terolah minimal tidak mengalami perubahan secara signifikan.

Pada awal penyimpanan (0 bulan), tidak terdapat kapang baik pada buah durian terolah minimal tanpa *edible coating* maupun dengan *edible coating*. Demikian pula pada penyimpanan 1 bulan, tidak terdapat kapang pada kedua perlakuan tersebut. Sedangkan pada penyimpanan 2 bulan baru terdapat kapang pada durian terolah minimal pada perlakuan tanpa pelapisan *edible coating* (2 cfu/g). Jumlah khamir pada durian terolah minimal tanpa *edible coating* meningkat dengan semakin lamanya penyimpanan. Pada pengamatan yang sama (1 dan 2 bulan), jumlah khamir pada durian terolah minimal tanpa *edible coating* lebih tinggi dibandingkan dengan buah durian yang mendapat perlakuan *edible coating*. Penyimpanan 1 bulan mulai terdapat khamir pada buah durian tanpa pelapis *edible coating* dan semakin meningkat pada penyimpanan 2 bulan. Sedangkan pada buah durian terolah minimal yang dilapisi *edible coating*, adanya khamir baru terjadi pada penyimpanan 2 bulan. Pada buah durian terolah minimal yang dilapisi *edible coating* sejak awal (0 bulan) dan 1 bulan penyimpanan tidak ditemukan adanya khamir.

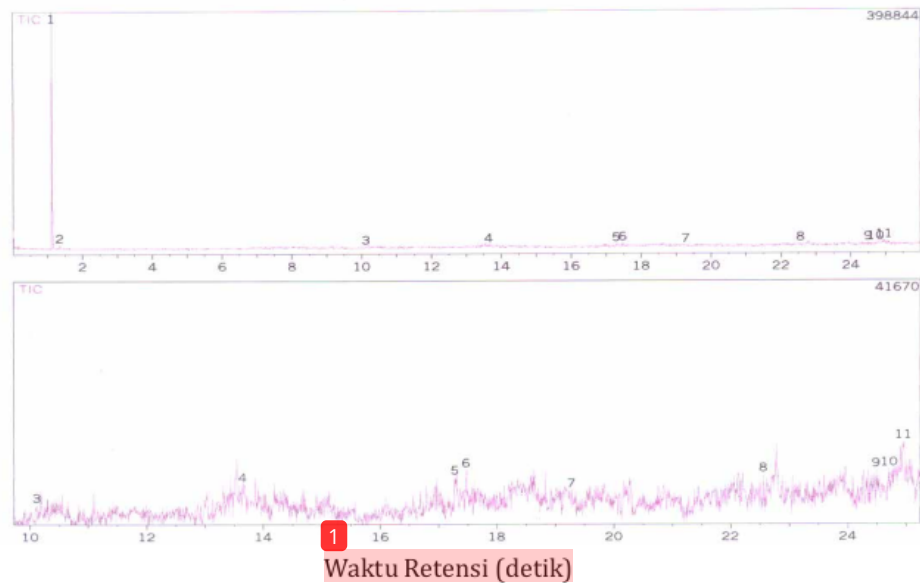
1 Berdasarkan jumlah khamir dan kapang tersebut di atas, buah durian terolah minimal dengan maupun tanpa *edible coating* masih aman untuk dikonsumsi sampai penyimpanan 2 bulan. Jumlah mikroorganisme yang diperbolehkan pada buah terolah minimal belum ada acuannya, namun mengingat buah terolah minimal dikonsumsi langsung maka digunakan acuan jumlah mikroorganisme pada buah-buahan beku. Jumlah mikroorganisme pada buah-buahan beku harus kurang dari $5,0 \times 10^4$ cfu/g dengan jumlah bakteri coli tidak lebih dari 10^2 cfu/g.

7.5.12 Senyawa Volatil

1
Komponen volatil yang terbentuk dari buah durian dengan perlakuan tanpa *edible coating* pada penyimpanan 1 bulan diantaranya adalah *tetranitromethane*, *4-metoxyphenyl*, *ethyl alcohol*, *octyl-4-carboxylic acid*, *methanol*, *7-hydroxy tetrahydroindolizaine*, *5-metoxy-6-oxabicyclo hexane*, *1,2,2-trimethylcyclopropylamine*, *diacetyldioxime*, *2-isopropylthio-5-trifluoracetyl-1,3-oxathiolium-4-olat*, *glycine*, *carboxylic acid*, dan *cyano-acetic acid*. Sedangkan komponen volatil yang terbentuk pada buah durian terolah minimal dengan perlakuan *edible coating* di antaranya adalah: *5-metoxy-1-aza-6-oxabicyclo hexane*, *octyl-4-carboxylic acid*, *7-hydroxy tetrahydroindolizaine*, *tetranitromethane*, *carbamic acid*, *glycine*, *carboxylic acid*, *methyl ester*, *cianoiminoacetic acid*, *methyl peroxide*, *alanine*, *2-methylpentane*, *propene*, *2,2,4-trimethylpentane*, dan *2-isopropylthio-5-trifluoracetyl*.



Gambar 7.5 Pola grafik senyawa volatil buah durian terolah minimal yang dilapisi bahan *edible coating* pada penyimpanan 2 bulan.



Gambar 7.6 Pola grafik senyawa volatil buah durian terolah minimal tanpa dilapisi bahan *edible coating* pada penyimpanan 2 bulan.

Komponen volatil yang terbentuk dari buah durian dengan perlakuan *edible coating* pada penyimpanan 2 bulan terdiri dari: *tetranitromethane, dimethylamino, hexadeutero-2-butanol, methyl D-glycollate, methyl ester, diacetyldioxime, nitroethane, propane, cyanoacetic acid, propanolamine, cyclohexanone, propionic acid, tetramethylene glycol, 7-methylcaprolactam, pentanal, isopropylureidoacetic acid, n-hexanal, octylamine, tetrahydro-4H-pyran-4-ol, 3-methylbutanal, nonyaldehyde, 2-methylpiperazine* dan *hexaldehyde*. Sedangkan komponen volatil yang terbentuk pada buah durian terolah minimal tanpa *edible coating* adalah: *ethyl mercaptan, thioethanol, acetic acid, ethenic ester, diacetyldioxime, methylheptane, metil ester, hydroxycyclopentane, 2 heptanamine 5 methyl, methanol, dibutylamine, pentanal, isopropylureidoacetic acid, 3-amino-1-propanol, dan glycine*.

Terbentuknya komponen volatil pada buah-buahan dapat berjalan melalui berbagai jalur yang berbeda. Pembentukan komponen volatil pada buah-buahan dapat melalui 5 jalur metabolisme, yaitu metabolisme asam lemak, asam amino, karbohidrat, terpen dan asam sinamat yang secara intensif berlangsung pada saat pematangan buah. Hasil metabolisme dari asam lemak adalah golongan alifatik (asam, alkohol, ester, karbonil dan lakton), dari metabolisme asam amino adalah grup methyl branched (alkohol,

asam, ester dan karbonil), dari metabolisme terpen adalah grup terpen (sesquiterpene, hidrokarbon, alkohol, karbonil dan monoterpenes) dan dari metabolisme asam sinamat adalah grup hidrokarbon aromatik (alkohol, asam, ester dan karbonil).

Terbentuknya komponen alkohol pada buah durian tanpa *edible coating* selama penyimpanan kemungkinan terbentuk dari protein melalui proses transaminasi dan dekarboksilasi asam amino dan berasal dari pemecahan karbohidrat menjadi gula-gula sederhana. Selanjutnya gula-gula ini berubah menjadi alkohol melalui jalur glikolisis dalam keadaan anaerobik atau melalui proses fermentasi. Keberadaan metanol membuka peluang dugaan sintesa senyawa metil ester melalui dua jalur kemungkinan. Dugaan pertama metanol sebagai kontributor utama pada sintesa metil ester berasal dari senyawa yang mengalami metilasi seperti pektin. Metanol yang dilepaskan akibat aktivitas enzim yang ditangkap oleh enzim yang lain yang bertanggungjawab pada pembentukan metil ester. Diduga banyak enzim yang terlibat di dalamnya, karena terdapat asam yang terlibat pula pada pembentukan metil ester. Kemungkinan kedua, di dalam jaringan buah terdapat substansi yang bertindak sebagai donor metanol, yaitu *S-Adenosyl-L-methionine* atau SAM.

Daftar Pustaka

- AAK. 1997. Budi daya durian. Penerbit Kanisius Jakarta.
- Abdul Adjid, D. 1994. Penuntun budidaya hortikultura (Durian). Proyek Peningkatan Produksi Tanaman Pangan, Dinas Pertanian Tanaman Pangan, Propinsi Bengkulu.
- Ahamed, M. E., dkk. 2007. *Effect of Different Binders On the Quality of Enrobed Buffalo Meat Cutlets and Their Shelf Life at Refrigeration Storage ($4 \pm 10^{\circ}\text{C}$)*. *Meat Science*, 75: 451-459.
- Akhtar, J., Omre, P. K. dan Azad A. 2015. "Edible coating for Preservation of Perishable Foods: A Review." *Journal of Ready to Eat Food*, 2 (3): 81-88.
- Albert, S. dan Mittal, G. S. 2002. "Comparative Evaluation of Edible coatings to Reduce Fat Uptake in A Deep-Fried Cereal Product." *Food Research International*, 35: 445-458.
- Ali, M. Y., dkk., O. 2010. "Post mortem variation in total volatile base nitrogen and trimethylamine nitrogen between Galda (*Macrobrachium rosenbergii*) and Bagda (*Penaeus monodon*)." *University Journal of Zoology*, Rajshahi University. Hal 7-10.
- Alikonis, J. J. 1979. *Candy Technology*. AVI Publishing Company, Inc. Westport CT.
- Allen, L., dkk. 1963. Edible Corn Carbohydrate Food Coatings. II. Evaluation of Fresh Meat Products. *Food Technol*, 17: 1442-1446.
- Anand, S. K., Pandey, N. K., Mahapatra, C. M. dan Verma, S. S. 1991. "Microbiological Quality and Shelf - Life of Chicken Patties Stored At -180C." *Indian Journal of Poultry Science*, 26: 105-108.
- Andrady, A. L. dan Xu, P. 1997. "Elastic Behavior of Chitosan Films." *Journal of Polymer Science*, 5: 307-521.

- Anjarsari, B. 2010. *Pangan Hewani: Fisiologi Pasca Mortem dan Teknologi*. Bandung: Graha Ilmu.
- AOAC. 1994. *Official methods of analysis of the association of official agricultural chemist*. Benjamin Franklin Station. Washington DC.
- Apandi M. 1984, *Teknologi buah dan sayur*. Penerbit Alumni, Bandung.
- Apriyantono, A., Dedi Fardiaz, Ni Luh Puspitasari, Sedarnawati dan Slamet Budiyanto. 1989. *Petunjuk laboratorium analisis pangan*. IPB-Press, Bogor.
- ASTM. 1980. *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission*. ASTM Book Standards. D3985-81
- Avena-Bustillos, R.J and J.M. Krochta. 1994. Optimization of edible coating formulation on zucchini to reduce water loss. *J. Food Eng.* 21: 197-214.
- Avena-Bustillos, R. J. dan Krochta, J. M. 1993. "Water Vapor Permeability of Caseinate-Based Edible Films as Affected by pH, Calcium Crossing and Lipid Content." *Journal of Food Science*, 58: 904-907.
- Awwaly, K. U. A., Manab, A. dan Wahyuni, E. 2010. "Pembuatan *Edible Film* Protein Whey: Kajian Rasio Protein dan Gliserol Terhadap Sifat Fisik dan Kimia." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 5 (1): 45-56.
- Axelos M.A.V dan J.F. Thibault. 1991. The chemistry of low methoxyl pectins gelatin. p. 45-50 *In* R H. Walter (ed.). *The chemistry and technology of pectin*. Academic Press Inc., San Diego.
- Axelos, M.A.V dan Thibault, J.F. (1991). *The Chemistry of Low Methoxyl Pectins Gelatin*. Di dalam: R H. Walter (editor). *The chemistry and technology of pectin*. Academic Press Inc., San Diego. Hal 45-50.
- Aziz, A. 1993. *Agroindustri buah-buahan tropis*. Centre of Independen Development Economic Studies. Jakarta.
- Bai J., Hagenmaier R. D., Baldwin E. A. 2003. "Coating Selection for "Delicious" and Other Apples." *Postharvest Biology and Technology* 28: 381-390.

- Bai J., Alleyne V., Hagenmaier R. D., Mattheis J. P., Baldwin E. A. 2003. "Formulation of Zein Coatings for Apples (*Malus Domestica*)."
Postharvest Biology and Technology 28, 259-268.
- Baixauli, R., Sanz, A., Salvador, A. Dan Fiszman, S. M. 2003. "Effect of Addition of Dextrin or Dried Egg On the Rheological and Textural Properties of Batter for Fried Foods."
Food Hydrocolloids, 17: 305-310.
- Baedhowi, L. 1993. Petunjuk praktek pengawasan mutu hasil pertanian. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Jakarta.
- Baker, R.A., Baldwin, E. A. dan Nisperos-Carriedo, M.O. 1994. *Edible coatings for Processed Foods*. Di dalam: Krochta, J. M., Baldwin, E. A. dan Nisperos-Carriedo, M. (editor). *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Pub. Co. Lancaster, PA. 89-104.
- Balasubramaniam, V.M., Chinnan, M. S., Mallikarjunan, P. dan Phillip, R. D. 1997. "The Effect of Edible Film on Oil Uptake and Moisture Retention of a Deep-Fried Poultry Product." *Journal of Food Engineering*, 20: 17-29.
- Baldwin, E. A. 1994. Edible Coating for Fresh Fruits and Vegetables : Past, present and future. p. 45-89 In J. M. Krochta, E.A. Baldwin and M.O. Nisperos-Carriedo (ed.) *Edible coatings and films to improve food quality*. Tecnominc Publishing Co, Inc. Pennsylvania.
- Baldwin, E. A. 1994. *Edible coating for Fresh Fruits and Vegetables: Past, present and future*. Di dalam: Krochta, J. M., Baldwin, E.A. dan Nisperos-Carriedo M.O. (editor) *Edible coatings and films to improve food quality*. Tecnominc Publishing Co, Inc. Pennsylvania. 45-89.
- Baldwin, E. A., Nisperos-Carriedo, M. O. dan Baker, R. A. 1995. *Use of Edible coating to Preserve Quality of Lightly and Slightly Processed Products*. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 35: 509-524.
- Baldwin, E. A. 2007. Surface Treatments and Edible coatings in Food Preservation. Di dalam : Rahman, M. S. (editor). *Handbook of Food Preservation, Second Edition*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. Hal 477-507.

- Balian, G. dan Bowes, J. (1977). *The Structure and Properties of Collagen*. Di dalam: Ward, A. G. dan Courts, A. (editor). *The Science and Technology of Gelatin*. Academic Press. London. Hal 1-31.
- Banker, G. S., Gore, A. Y. dan Swarbrick, J. 2000. "Water Vapor Transmission Properties of Free Polymer Films." *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 18: 173-176.
- Baraas F. 2006. *Kardiologi Molekuler, Radikal Bebas, Disfungsi Endotel, Aterosklerosis, Antioksidan, Latihan Fisik dan Rehabilitasi Jantung*. Yayasan Kardia Iqratama, RS. Jantung Harapan Kita.
- Barraza, F. A. A., León, R. A. Q. dan Álvarez, P. X. L. 2015. "Kinetics of Protein and Textural Changes in Atlantic Salmon Under Frozen Storage." *Food Chemistry*, 182: 120-127.
- Bradenburg, A. H., C.L Weller dan R. F. Testin. 1993. Edible flms and coatings from soy protein. *J. Food Sci.* 58(5):1086-1089.
- Brecht, J.K. 1995. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hort Sci.* 30 (1) : 18-21.
- Baruna, W. 2004. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan durian pada berbagai suhu. Skripsi Jurusan Teknologi Pangan Universitas Pasundan Bandung.
- Bayindirli, L. G. Sumnu and K. Kamadan. 1995. Effects of semperfresh and jon-fresh fruit coatings on poststorage quality of Satsuma Mandarins, *J. Food Process. Preserv.* 19:399-407.
- Bennion, M. 1980. *The science of food*. John Wiley & Sons. New York.
- Bennion, M. 1980. *The Science of Food*. New York: John Wiley & Sons.
- Bertuzzi, M.A., Vidaurre, E. F., Armada, M. dan Gottifredi, J. C. 2007. "Water Vapor Permeability of Edible Starch Based Films." *J. Food Engineering*, 80 (3): 972-978.
- Biswas, A. K. 2002. *Studies On Enrobing of Pork Patties*. M.V.Sc. Thesis, Indian Veterinary Research Institute (Deemed University), Izatnagar (UP), India.
- Biswas, A. K., Keshri, R. C. dan Bisht, G. S. 2004. *Effect Of enrobing and Antioxidants On Quality Characteristics of Precooked Pork Patties Under Chilled and Frozen Storage Conditions*. *Meat Science*, 66: 733 - 744.

- Bourtoom, T. 2008. "Edible Films and Coatings: Characteristics and Properties." *International Food Research Journal*, 15 (3). 237-248.
- Bryan, D. S. 1972. *Prepared Citrus Fruit Halves and Method of Making The Same*. U.S. patent3, 707: 383.
- Butler B., Vergano R., Testin R., Bunn J. dan Wiles J. 1996. "Mechanical and Barrier Properties of Edible Chitosan Films as Affected by Composition and Storage." *J. Food Sci*, 61 (5): 953-961
- Burn, J.K. 1995. Lightly processed fruits and vegetables. Introduction to the Colloquium. *Hort. Sci.* 30 (1):14-17.
- Burton, W.G. 1982. *Postharvest physiology of fruit crops*. Longman Group Ltd., Singapore.
- Careda, M. P., Henrique, C. M., de-Oliveira, M. A., Ferraz, M. V. dan Vincentini, N. M. 2000. "Characterization of Edible Films of Cassava Starch by Electron Microscopy." *Braz. J. Food Technol*, 3: 91-95.
- Cantwell, M. 1992. Postharvest handling systems: minimally processed fruits and vegetables. p. 45-50 In A.A. Kader (ed.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California.
- Cheftel J. C., J.L. Cuq dan D. Lorient. 1985. Amino acids, peptides and proteins. P. 25-35 In O.R. Fennema (ed.). *Food Chemistry*. Marcel Dekker Inc. New York. p.34-60.
- Choi, W.S and J.H. Han. 2001. Physical and mechanical properties of pea-protein-based edible films. *J. Food Sci.* 66 (2):319-322.
- Chang Y. P., Cheah P. B. dan Seow C. C. 2000. "Plasticizing-Antiplasticizing Effects of Water On Physical Properties of Tapioca Starch Films in The Glassy State." *J Food Sci* 65 (3): 445-451.
- Cheftel, J. C., Cuq, J.L. dan Lorient, D. 1985. *Amino Acids, Peptides and Proteins*. Di dalam: Fennema, O. R. (editor). *Food Chemistry*. Marcel Dekker Inc. New York. Hal 34-60.
- Chidanandaiah. 2003. *Studies On the Effect of Edible coatings and Enrobing On the Quality of Buffalo Meat Patties*. Ph.D. Thesis, Indian Veterinary Research Institute (Deemed University), Izatnagar (UP), India.

- Chidanandaiah dan Keshri, R. C. 2006. "Bengal Gram Andrice Flour in Batter Mix On Quality of Enrobed Buffalo Meat Patties." *Indian Veterinary Journal*, 83: 1092-1095.
- Chidanandaiah and Keshri, R. C. 2007. "Effect of Pectin Coating and Bengal Gram Flour Enrobing On Quality of Buffalo Meat Patties." *Indian Veterinary Journal*, 84: 70-72.
- Chien P, Sheu. F. dan Lin H. 2007. "Coating Citrus Murcott Tangor Fruit with Low Molecular Weight Chitosan Increases Postharvest Quality and Shelf Life." *Food Chem*, 100: 116-1164.
- Choi, J. H., Cha, D. S. dan Park, H. J. 2001. *The Antimicrobial Films Based on Na-Alginate and K-Carrageenan*. Di dalam: IFT Annual Meeting, Food Packaging Division (74D). New Orleans, LA.
- Costa, M. J., Maciel, L. C., Teixeira, J. A., Vicente, A. A. dan Cerqueira, M. A. 2018. *Use of Edible Films and Coatings in Cheese Preservation: Opportunities and Challenges*. *Food Research International*, 107: 84-92.
- Couey, H. M. dan Farias, G. 1979. *Control of Postharvest Decay of Papaya*. *HortSci*, 14 (6): 719-721.
- Courts, A., and A.G. Ward. 1977. *The science and technology of gelatin*. Academic Press. London.
- Cremer, M. L. dan Chipley, J. R. 1977. "Statelite Food Service System: Time and Temperature and Microbiological and Sensory Quality of Precooked Frozen Hamburger Patties." *Journal of Food Protection*, 40: 603-607.
- Cunningham, F. E. 1989. *Developments in Enrobed Products*. Di dalam: *Processing of poultry* (GC Mead Eds.). Elsevier Applied Science. London. Hal 325-359.
- Dagleish, D. G. dan Law, A. J. R. 1989. *pH-Induced Dissociation of Bovine Casein Micelles. II. Mineral Solubilization and Its Relation to Casein Release*. *J. Dairy Res*, 56: 727-735.
- Damodaran, S. 1996. *Amino Acids, Peptides and Proteins*. Di dalam: Fennema, O. (editor). *Food Chemistry*. Marcel Dekker. New York, NY. Hal 321-430.
- Dangaran, K., Tomasula, P. M. dan Qi, P. 2008. *Structure and Function of Protein-Based Edible Films and Coatings*. Di dalam: Embuscado, M. E. dan Huber, K. C. (editor). *Edible Films and Coatings*. Springer. New York. Hal 25-56.

- Dangaran K. L. dan Krochta J. M. 2007. "Preventing The Loss of Tensile, Barrier and Appearance Properties Caused by Plasticizer Crystallization in Whey Protein Films." *Internation J Food Sci Technol*, 42 (9): 1094-1100.
- Davies D.H., Elson C.M. dan Hayes E.R. 1989. *N, O-Carboxymethyl Chitosan, A New Water Soluble Chitin Derivative*. Di dalam: Skjåk-Bræk, G., Anthonsen, T., Sandford, P. (editor). *Chitin and Chitosan: Sources, Chemistry, Biochemistry, Physical Properties and Applications*. Elsevier. London, UK. Hal 467-72.
- Debeaufort, F. dan Voilley, A. 2009. *Lipid-Based Edible Films and Coatings*. Di dalam: Embuscado, M. E. dan Huber, K. C. (editor). *Edible Films and Coatings*. Springer. New York. Hal 135-168.
- Dehghani, S., Hosseini, S. V. dan Regenstein, J. M. 2017. *Edible Films and Coatings in Seafood Preservation: A Review*. *Food Chemistry*, 240: 505-513.
- Desrosier, N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Penerjemah: Muchji Muljohardjo, Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Diaz-Sobac, R., A. V. Luna, Cl. Beristain, J.L. Cruz dan H.S. Garcia.. 1996. Emulsion coating to extend postharvest life of mango (*Mangifera indica* CV. Manila). *J. Food Process. Preserv.* 20:191-202.
- Direktorat Jendral Tanaman Pangan dan Hortikultura. 2001. *Direktori hortikultura*. Departemen Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Djamil. 1997. Mutagenesis of *Bacillus megaterium* DSM 319 by UV Light to produce protease on medium containing glucose. In *Industrial Enzyme and Biotechnology. Proceeding of the 1st Conference on Industrial Enzyme and Biotechnology*, Jakarta.
- Do J.Y., dan D.K. Salunkhe. 1989. Penyimpanan dengan udara terkendali, pertimbangan-pertimbangan biokimia. hal. 33-46 dalam E.B Pantastico (ed.). *Fisiologi pasca panen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran topika dan subtropika*. Gadjah Mada University Press Yogyakarta.
- Donhowe, G and O. Fennema. 1994. Edible film and coatings: characteristic, formation, definition and testing methods. p. 40-50 In J.M Krochta, E.A. Baldwin dan M.O. Nisperos-Carriedo (ed.). *Edible coatings and films to improve food quality*. Tecomic

Publishing Co. Inc. Pennsylvania

- Dudareva, N., R.A. Raguso, R.A. Wang, and J. Ross. 1998. Enzymatic synthesis and emission of benzoic esters. *Plant Physiol* 116:599-604.
- Domenico, J. A., Rahman, A. R. dan Westcott, D. E. 1972. "Effects of Fungicides in Combination with Hot Water and Wax on The Shelf Life of Tomato Fruit." *J Food Sci* 37: 957-960.
- Donati, I., Holtan, S., Mørch, Y. A., Borgogna, M., Dentini, M. dan Skjåk-Bræk, G. 2005. *New Hypothesis On the Role of Alternating Sequences in Calcium-Alginate Gels*. *Biomacromolecules*, 6: 1031-1040.
- Donhowe, I.G. dan O.R. Fennema. 1993. "The Effects of Plasticizers On Crystallinity, Permeability, and Mechanical Properties of Methylcellulose Films." *Journal of Food Processing and Preservation*.
- El-Ghaouth, A., Arul, J., Grenier, J. dan Asselin, A. 1992. *Chitosan Coating to Extend the Storage Life of Tomatoes*. *HortScience*, 27 (9): 1016-1018.
- El-Ghaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R. dan Boulet, M. (1991). "Chitosan Coating Effect On Stability of Fresh Strawberries." *Journal of Food Science*, 57: 1618-1620.
- Elston, E. 1975. *Why Fish Finger Top the Market*. Fishing News International, 14: 30.
- Erkmen, O. dan Barazi, A.O. 2018. "General Characteristics of Edible Films." *Journal of Food Biotechnology research*, 2 (1:3): 1-4.
- Espitia, P. J. P., Batista, R. A., Azeredo, H. M.C. dan Otoni, C. G. 2016. "Probiotics and Their Potential Applications in Active Edible Films and Coatings." *Food Research International*, 90: 42-52.
- Faradissa. 1996. Mempelajari pengaruh pengemasan vakum terhadap mutu buah durian. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi pengolahan pangan. Petunjuk Laboratorium. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.
- Feng X., Bansal N. dan Yang H. 2016. *Fish Gelatin Combined with Chitosan Coating Inhibits Myofibril Degradation of Golden Pomfret (Trachinotus Blochii) Fillet During Cold Storage*. *Food Chemistry*.

- Formanek, Z., Kerry, J. P., Higgins, F. M., Buckley, D. J., Morrissey, P. A. dan Farkas, J. 2001. *Addition of Synthetic and Natural Antioxidants to Alpha-Tocopheryl Acetate Supplemented Beef Patties: Effect of Antioxidants and Packaging On Lipid Oxidation*. Meat Science, 58: 337-341.
- Fuchs, S.J., Mattinson, D.S. dan Fellman, J.K. 2008. *Effect of Edible coatings on Postharvest Quality of Fresh Green Asparagus*. J. Food Proc. Pres, 32: 951-971.
- Garcia, M. A., Pinotti, A., Martino, M. N. dan Zaritzky, N. E. 2009. *Characterization of Starch and Composite Edible Films and Coatings*. Di dalam: Embuscado, M. E. dan Huber, K. C. (editor). *Edible Films and Coatings*. Springer. New York. Hal 169-210.
- Garnida, Y., Suryatmana, G., Muchtadi, D. dan Setiasih, I. 2009. Respons Buah Durian (*Durio zibethinus, murr.*) Terolah Minimal Akibat Pengaruh Formulasi Bahan *Edible coating* dan Lama Penyimpanan Pada Suhu Beku. Disertasi Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Garg, V. dan Mendiratta, S. K. 2006. *Studies On Tenderization and Preparation of Enrobed Pork Chunks in Microwave Oven*. Meat Science, 74: 718-726.
- Garpesz, V. 1991. Metode perancangan percobaan. Penerbit Armico, Bandung.
- Gennadios A. dan Weller C. L. 1990. *Edible Films and Coatings from Wheat and Corn Proteins*. Food Technology 44, 63-69.
- Gennadios A., Weller C. L. dan Testin R. F. 1993. *Modification of Physical and Barrier Properties of Edible Wheat Gluten-Based Films*. Cereal Chem, 70 (4): 426-429.
- Gennadios, A., McHugh, T. H., Weller, C. L. dan Krochta, J. M. 1994. *Edible coating and Films Based On Protein*. Di dalam: Krochta, J. M., Balwin, E. A. Niperos-Carriedo, M. O. (editor). *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Basel: Technomic Publishing. Lancaster. Hal 201-277.
- Gennadios A., and C. L. Weller. 1990. Edible film and coatings from wheat and corn proteins. J. Food Technol. 44(10) 63-68.
- Gennadios A., A.H. Bradenburg, C.L Weller, and R.F. Testin. 1993. Effect of pH on properties of wheat gluten and soy protein isolate edible films. J. Agric. Food Chem. 41:1835-1839.
- Gennadios, A. and C.L. Weller, M.A. Hanna and G.W Froning. 1996. Mechanical and barrier properties of egg albumen edible films. J. Food Sci. 61 (3):585-589.

- Giannouli, P. dan Morris, E. R. 2000. *Cryogelation of Xanthan*. Food Hydrocolloids, 17: 495-501.
- Glicksman. 1969. *Gum Technology in The Food Industry*. Academic Press. New York.
- Glicksman. 1969. Gum technology in the food industry. Academic Press, New York.
- Gontard, N., Guilbert, S. dan Cuq, J. L. 1992. *Edible Wheat Gluten Film: Influence of The Main Process Variable On Film Properties Using Response Surface Methodology*. Journal of Food Science, 57: 190-195.
- Gontard, N. and J.L. Cuq. 1993. Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water barrier properties of an edible wheat gluten film. J. Food Sci. 58 (1) : 206-210.
- Gontard, N., S. Guilbert and J.L. Cuq. 1992. Edible wheat gluten films influence of the main process variables of film properties using response surface methodology. J. Food Sci. 57 (1) : 190-196.
- Grant. G.T., Morris. E. R., Rees, R. E., Smith, P.J.C. dan Thom, D. 1973. *Biological Interaction Between Polysaccharides and Divalent Cation: The Egg-Box Model*. FEBS Lett, 32: 195- 198.
- Grant, C.A. dan Burns, R. J. 1994. *Application of Coating*. Di dalam: Krochta, J.M., Baldwin, E.A. dan Nisperos-Carriedo, M.O. (editor). *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Tecnominc Publishing Co, Inc. Pennsylvania. Hal 28-35.
- Grant. G.T. E. R. Morris. R. E. Rees, P.J.C. Smith and D.Thom. 1973. Biological interaction between polysaccharides and divalent cation: the egg-box model. FEBS Lett. 32 195- I 98.
- Grant, C.A. dan R. J. Burns. 1994. Application of coating. p. 28-35 In J.M. Krochta, E.A. Baldwin dan M.O. Nisperos-Carriedo (ed.). *Edible coatings and films to improve food quality*. Tecnominc Publishing Co, Inc. Pennsylvania.
- Greener, I.K. and O.R. Fennema. 1989. Evaluation of edible films for use as moisture barrier of food. J. Food Sci. 54 (6) : 1400-1406.
- Giridhar, P. dan Reddy, S. M. S. 2001. "Phenolic Antioxidants for The Control of Fungi." *Journal of Food Science*, 38: 397-399.
- Guilbert, S., Giannakopoulos, A. dan Cheftel, J. C. 1985. *Diffusivity of Sorbic Acid in Food Gels at High Andintermediate-Water Activities*. Di dalam: Simatos, D. dan Multon, J. L. (editor). *Properties of Water in Foods in Relation to Quality and Stability*. Martinus Nijhoff Publishing Dordrecht. Netherlands. Hal 343.

- Guilbert, S. 1986. *Technology and Application of Edible Protective Films*. Di dalam: Mathlouthi, M. (editor), *Food Packaging and Preservation*. Elsevier Applied Science. London, UK. Hal 371-394.
- Guilbert, S. dan Biquet, B. 1996. *Edible Films and Coatings*. Di dalam: Bureau G., Multon J. L. (editor). *Food Packaging Technology*. VCH Publishers. New York.
- Guilbert, S and B. Biquet. 1996. Edible films and coating. p. 45-64 In G. Bureau and J.L. Multon (ed.) *Food Packaging Technology* VCH Publ., Inc New York.
- Gumilan, A.S. 2001. Perbaikan galur *Bacillus* sp. 58 penghasil protease alkalin termostabil melalui mutagenesis sinar ultraviolet. Tesis Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IPB, Bogor.
- Guo, M., Jin, T. Z., Scullen, O. J., dan Sommers, C.H. 2013. "Effects of Antimicrobial Coatings and Cryogenic Freezing on Survival and Growth of *Listeria Innocua* Onfrozen Ready-To-Eat Shrimp During Thawing." *Journal of Food Science*, 78: 1195-1200.
- Hagenmaier R. D. dan Baker R. A. 1996. "Edible coatings from Candelilla Wax Microemulsions." *Journal of Food Science*, 61 (3): 562-565.
- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S. W., Traber, M. G. 2003. *Edible coatings to Improve Storability and Enhance Nutritional Value of Fresh and Frozen Strawberries (*Fragaria × Ananassa*) and Raspberries (*Rubus Ideaus*)*. *Postharvest Biology and Technology*, 33.
- Hang, Y.D dan R.H. Walter. 1989. Treatment and utilization of apple processing waste. p. 28-35 In D.L. Downing. *Process Apple Product*. AVI Van Nostrand Reinhold, New York.
- Handley, D., Ma-Edmonds, M., Hamouz, F., Cuppett, S., Mandigo, R. dan Schnepf, M. 1996. *Controlling Oxidation and W armed-Over Flavour in Precooked Pork Chops with Rosemary Oleoresin and Edible Film*. Di dalam: Shahidi, F. (editor). *Natural Antioxidants Chemistry, Health Effect and Application*. AOCS Press, Champaign. IL. Hal 311-318.
- Hanson, H. L. dan Fletcher, L. R. 1963. *Adhesion of Coatings of Frozen Fried Chicken*. *Food Technology*, 17: 793-794.
- Havard, C. dan Harmony, M. X. 1869. *Improved Process of Preserving Meat, Fowls, Fish, Etc*. US. Patent- 90944.

- Hawley, G. 1981. *The Condensed Chemical Dictionary Tenth Edition*. Van Nostrand Reinhold Co. Inc. New York.
- Hawley, G. 1981. *The Condensed Chemical Dictionary Tenth Edition*. Van Nostrand Reinhold Co. Inc., New York.
- Heising, J. K., Van Boekel, M. A. J. S., dan Dekker, M. 2014. *Mathematical Models for The Trimethylamine (TMA) Formation On Packed Cod Fish Fillets at Different Temperatures*. *Food Research International*, 56: 272–278.
- Henriques, M., Santos, G., Rodrigues, A., Gomes, D., Pereira, C. dan Gil, M. 2013. "Replacement Conventional Cheese Coatings by Natural Whey Protein Edible coatings with Antimicrobial Activity." *Journal of Hygienic Engineering and Design*: 34-47.
- Herald, T. J., Hachmister, K. A., Huang, S. dan Bowers, J.R 1996. "Corn-Zein Packaging Materials for Cooked Turkey." *Journal of Food Science*, 61: 415–421.
- Herdenburg, R. E. 1967. *Wax and Related Coatings for Horticultural Products*. A bibliography. Agricultural research service bulletin, United States Department of Agriculture, Washington, DC. Hal 15-51.
- Hergens-Madsen, M., Schnepf, M., Hamouz, F., Weller, C., dan Roy, S. 1995. "Use of Edible Films and Tocopherols in Control of Warmedover Flavour." *Journal of the American Dietetic Association*, 95: 41.
- Hernandez, E. 1994. *Edible coating from Lipids and Resins*. Di dalam: Krochta, J. M., Balwin, E. A. dan Nisperos-Carriedo, M. O. (editor). *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Basel: Technomic Publishing. Lancaster. Hal 279-303.
- Hernandez, E. 1994. Edible coatings from lipids and resin. p.34-50 In J.M. Krochta, E.A. Baldwin dan M.O. Nisperos-Carriedo (ed.) *Edible coatings and film to improve food quality*. Technomic Publishing Co, Inc. Pennsylvania.
- Hidayat, N., Masdiana C.P. dan Suhartini, S. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

- Hikmat, N. 1997. "Pendugaan Umur Simpan Bumbu Mie Instant dalam Kemasan *Edible Film* dari Pati Sagu dengan Metode Akselerasi." *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Holownia, K. I., Chinnan, M. S., Erickson, M. C. dan Mallikarjunan, P. 2000. "Quality Evaluation of Edible Film-Coated Chicken Strips and Frying Oils." *Journal of Food Science*, 65: 1087-1090.
- Hood, L. L. 1987. *Collagen in Sausage Casings*. Di dalam: Pearson A. M., Dutson T. R. dan Bailey A. J. (editor). *Advances in Meat Research*, 4: 109-129. Van Nostrand Reinhold. New York, NY.
- Hoover, M. W. dan Nathan, P. J. 1981. *Influence of Tertiary Butylhydroquinone and Certain Other Surface Coatings on The Formation of Carbonyl Compounds in Granulated Roasted Peanuts*. *J. Food Sci.* 47: 246.
- Hulme A.C. 1970. *The biochemistry of fruits and their products*. Academic Press, New York.
- Jairath, G. 2013. *Shelf Life Extension of Enrobed Goat Meat Bites Using Edible coatings and Natural Antioxidants*. M.V.Sc. Thesis, Guru Angad Dev Veterinary and Animal Sciences University, Ludhiana, India.
- Jansson P.E., Keene L. dan Lindberg B. 1975. *Structure of The Exocellular Polysaccharide from Xanthomonas campestris*. *Carbohydr Res*, 45: 275-282.
- Jangchud, A. and M.S. Chinnan. 1999. Peanut protein edible film as affected by drying temperature and pH of edible film forming solution. *J. Food Sci.* 64 (1):153-157.
- Juang R. S. dan Shao H. J. 2002. *A Simplified Equilibrium Model for Sorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions On Chitosan*. *Water Res*, 36 (12): 2999-3008.
- Kaplan, H. J. 1986. *Washing, Waxing and Colour Adding*. Di dalam: Wardowski, W. F., Nagi, S. and Grierson, W. (editor). *Fresh Citrus Fruits*. AVI, Westport. CT. Hal 379.
- Kaplan, D. L., Mayer, J. M., Ball, D., McCassie, J., Allen, A. L. dan Stenhouse, P. (1993). *Fundamental of Biodegradable Polymer*. Di dalam: Ching, C., Kaplan D. dan Thomas E. (editor). *Biodegradable Polymers and Packaging*. Technomic Publishing. Lancaster. Hal 1-42.

- Kamper, S.L. dan Fennema, O.R. 1984. "Water vapor permeability of an edible fatty acid, bilayer films." *Journal of Food Science*.
- Kays, S.J. 1991. Postharvest physiology of perishable plant products. AVI Van Nostrand Reinhold New York.
- Kester, J.J. dan Fennema, O.R. 1986. *Edible films and coatings: A review*. Food Technology.
- Kester, J.J. dan Fennema, O.R. 1989^a. *The Influence of Polymorphic Form on Oxygen and Water Vapour Transmission Through Lipid Films*. *JAACS*, 66: 1147-1153.
- Kester, J.J. dan Fennema, O.R. 1989^b. *Tempering Influence on Oxygen and Water Vapour Transmission Through a Stearyl Alcohol Film*. *JAACS*, 66: 1154-1157.
- Kester, J.J. dan Fennema, O. 1986. Edible films and coatings: a review. *Food Technol.* 40 (12): 47-59
- Kester, J.J. dan Fennema, O. 1989. An edible film of lipids and cellulose ethers barrier properties to moisture vapor tranmission and structural evaluation *J. Food Sci* 54:1383-1389.
- Kim, D.M., N.L. Smith dan C.Y. Lee. 1993. Quality of minimally processed apple slices from selected cultivar. *J. Food Sci.* 58 (5):1115-1117.
- King, A.D. and H.R. Bolin. 1989. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruit and vegetables. *J. Food Technol.* 51 (2) : 132-139.
- Kinsella, J.E. 1979. Functional properties of soy protein. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 56:242
- Kinsella, J. E. dan Phillips, L. G. 1979. *Film Properties of Modified Proteins*. Di dalam: Kinsella, J. E. dan Soucie, W. G. (editor). *Food Protein*. The American Oil Chemists's Society. Champaign, IL. Hal 78-99.
- Kirk-Othmer. 1993. *Cellulose ethers*. Di dalam: Kroschwitz J (editor). *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th edn. vol 5. Wiley, New York, NY. Hal 541-561.
- Klein, B.P. 1987. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *J. Food Quality.* 30 (2) : 86-98.

- Koelsch, C. M. dan Labuza, T. P. 1992. *Functional, Physiological and Morphological Properties of Methyl Cellulose and Fatty Acid-Based Edible Barriers*. *Lebensm Wiss Technol*, 25: 404-411.
- Kore, V. T., Tawade, S. S. dan Kabir, J. 2017. "Application of Edible coatings on Fruits and Vegetables." *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 3 (1): 591-603.
- Koswara, S. 1992. *Teknologi Pengolahan Kedelai Menjadikan Makanan Bermutu*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Koswara. 2006. *Teknologi Modifikasi Pati*. Ebook Pangan.
- Koswara, S. 1992. *Teknologi pengolahan kedelai menjadikan makanan bermutu*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Kramer, M. E. 2008. *Structure and Function of Starch-Based Edible Films and Coatings*. Di dalam: *Edible Films and Coatings*. Embuscado, M. E. dan Huber, K. C (editor). Springer. New York. Hal 113-134.
- Krochta J. M. 1992. *Control of Mass Transfer in Foods with Edible coatings and Films*. Di dalam: *Advances in Food Engineering*, W.E. Speiss and H. Schubert (editor) Elsevier, Essex, England.
- Krochta J. M., Baldwin E. A. dan Nisperos-Carriedo M. O. 1994. *Edible coatings and Films to Improve Food Quality*. Technomic Publ. Co. Lancaster, PA. Hal 1-379.
- Krochta, J.M. dan C.D. Mulder-Johnston. 1997. *Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities*. *Food Technology*, 51: 61-74.
- Krochta, J.M., and C. De Mulder-Johnston .1977. *Edible and biodegradable polymer films: chalanges and opportunities*. *J. Food Technol.* 51 (2) : 61-74.
- Krochta, J.M.S. Hudson, W.M. Camirad dan A.E. Pavlath. 1988. *Edible films for lightly processed fruits and vegetables*. Presented at the ASAE meeting Dec 13-16. Chicago.
- Krochta, J.M. 1992. *Control of mass transfer in food with edible coatings and film*. p. 29-36 In Sing, R.P dan M.A. Wirakartakusumah (ed). *Advances in Food Engineering*. CRP Press. Boca Raton Fl :517-528.

- Krochta, J.M., E.A. Baldwin, M. Nisperos-Carriedo. 1994. Edible Coatings and Film to improve food quality. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA.
- Krochta, J.M. and C. De Mulder-Johnston. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *J. Food Technol.* 51 (2):61-74.
- Krull, L. H. dan Inglett, G. E. 1971. *Industrial Uses of Gluten*. *Cereal Science Today*, 16 (8): 232-261.
- Labropoulos K.C., Niesz D.E., Danforth S.C. dan Kevrekidis P. G. 2002. *Dynamic Rheology of Agar Gels: Theory and Experiment. Part I. Development of A Rheological Model*. *Carbohydr Polym*, 50: 393-406.
- Labuza, T. P., dan Contreras-Medellin, R. 1981. *Prediction of Moisture Protection Requirements for Foods*. *Central Foods World*, 26: 335-338.
- Lamdande, A. G., Garud, S. R. dan Kadam, V. D. 2013. "Edible coating an Innovative Technology for Food Preservation." *International Journal of Agricultural Engineering*, 6 (2): 564-568.
- Lazarus, C. R., West, R. L., Oblinger, J. L., Palmer, A. Z. 1976. *Evaluation of A Calcium Alginate Coating and A Protective Plastic Wrapping For The Control of Lamb Carcass Shrinkage*. *J. Food Sci*, 41: 639-641.
- Lee J.Y., Park H.J., Lee C.Y. dan Choi W.Y. 2003. *Extending Shelf Life of Minimally Processed Apples with Edible coatings and Antibrowning Agents*. *Leb. Wiss. Technol*, 36: 323-329.
- Lee, T. Y., Danganan, K. L. dan Krochta, J.M. 2002. *Gloss Stability of Whey-Protein/Plasticizer Coating Formulations on Chocolate Surface*. *J. Food Sci.*, 67(3): 1121-1125.
- Lee, S.Y. dan Krochta, J. M. 2002. *Accelerated Shelf-Life Testing of Whey-Protein-Coated Peanuts Analyzed by Static Headspace Gas Chromatography*. *J Agric Food Chem*, 50 (7): 2022-2028.
- Lehninger, A. L. 1982. *Dasar-dasar Biokimia*. Jilid 1, Alih bahasa, Maggi Thenawijaya. Penerbit Erlangga. Jakarta.

- Lerdthanangkul, S. and J.M. Krochta. 1996. Edible coatings effect on postharvest quality of Bell Green peppers. *J. Food Sci.* 61(1):176-179.
- Lieberman, E.R. dan Gilbert, S.G. 2002. "Gas Permeation of Collagen Films as Affected by Cross-Linkage, Moisture, and Plasticizer Content." *Journal of Polymer Science*, 41: 33-43.
- Lin, K. W., dan Chao, J. Y. 2001. *Quality Characteristics of Reduced-Fat Chinese-Style Sausages as Related to Chitosan's Molecular Weight*. *Meat Science*, 59: 343-351.
- Lin, D. dan Zhao, Y. 2007. *Innovations in the Development and Application of Edible coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables*. *Compr Rev Food Sci Food Safety*, 6 (3): 60-75
- Liu X., Powers J. R., Swanson B. G., Hill H. dan Clark S. 2005. *Modification of Whey Protein Concentration Hydrophobicity by High Hydrostatic Pressure*. *Innovative Food Science and Emerging Technology*, 6: 310-317.
- Lownds, N.K., M. Banaras and P.W. Bosland. 1993. Relationship between postharvest water loss and physical properties of pepper fruits. *J. Hortic. Sci.* 35 (2): 54-60.
- M. W. Hoover dan P. J. Nathan. 1981. *Influence of tertiary butylhydroquinone and certain other surface coatings on the formation of carbonyl compounds in granulated roasted peanuts*. *J. Food Science*.
- Mallikarjunan, P., Chinnan, M. S., Balasubramaniam, V. M. dan Phillips, R. D. 1997. *Edible coatings for Deep Fat Frying of Starchy Products*. *Lebensmittel Wissenschaft und -Technology*, 30: 709-714.
- Mancini, F. dan McHugh, T. H. 2000. *Fruit-Alginate Interactions in Novel Restructured Products*. *Food/Nahrung*, 443: 152-157.
- Mandala, I. G. dan Bayas, E. 2004. *Xanthan Effect on Swelling, Solubility and Viscosity of Wheat Starch Dispersions*. *Food Hydrocolloids*, 18: 191-201.
- Mark, A. M., et al. E. 1966. *Oxygen Permeability of Amylomaize Starch Films*. *Food Technology*, 20: 75-80.
- Mate, J. I., Saltweil, M. E. dan Krochta, J. M. 1996. *Peanut and Walnut Rancidity: Effects of Oxygen Concentration and Relative Humidity*. *J. Food Sci*, 61: 465-472.

- Matoo AK., T. Murata, E.B Pantastico, K. Chachin. 1989. Perubahan-Perubahan Kimiawi Selama Pematangan dan Penuaan. hal. 24-46 dalam: Pantastico EB, (ed.). Fisiologi pasca panen, penanganan dan pemanfaatan buah-buahan dan sayur-sayuran tropika dan subtropika. Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- McGrath, E.P. 2004. *Packaging Costs Cut, Quality Protected by Wax-Coating Frozen Meats*. Food Engineering, 27 (8): 50-51.
- McHugh, T.H. dan Krochta, J.M. 1994. *Sorbitol-Vs Glycerol-Plasticized Whey Protein Edible Film: Integrated Oxygen Permeability and Tensile Property Evaluation*. J. Agric. Food Chem, 42(4): 841-845.
- McNally, E.H. 1992. *A Comparison of Methods to Prevent Weight Loss in Frozen Poultry*. Poultry Science, 34: 1210-1211.
- McHugh, T.H. and J.M. Krochta. 1994. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible film: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. J. Agric. Food Chem. 42(4) : 841-845.
- Muchtadi, D. 2000. Sayur-sayuran sumber serat & antioksidan : Mencegah penyakit degeneratif. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Mei, Y., Zhao, Y., Yang, J. dan Furr, H. C. 2002. "Using Edible coating to Enhance Nutritional and Sensory Qualities of Baby Carrots." *Journal of Food Science*, 67 (5): 1964-1968.
- Mei, Y. dan Zhao, Y. 2003. *Barrier and Mechanical Properties of Milk Protein-Based Films Containing Nutraceuticals*. J Agric Food Chem, 51: 1914-1918.
- Melton L. D., et al. (1976). *Covalent Structure of the Polysaccharide from Xanthomonas Campestris: Evidence from Partial Hydrolysis Studies*. Carbohydr Res, 46: 245-57.
- Mendiratta, S. K., dkk. 2002. "Preparation of Enrobed Chunks from Spent Hen Meat Tenderized with Papain." *Indian Journal of Poultry Science*, 37: 33-42.
- Milani. J. dan Maleki, G. 2012. *Hydrocolloids in Food Industry*. Di dalam: Benjamin Valdez, (editor). *Food Industrial Processes – Methods and Equipment*. InTech.
- Minifie, B. 1989. *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*. Springer Publishing, New York, NY.

- Misir, J., Brishti, F. H. dan Hoque, M. M. 2014. "Aloe Vera gel as a Novel Edible coating for Fresh Fruits: A Review." *American Journal of Food science and Technology*, 2 (3): 93-97.
- Mohebbi, M., Yazdi, F. T. dan Kho-daparast, M. H. 2010. *Effects of Soy and Corn Flour Addition on Batter Rheology and Quality of Deep Fat-Fried Shrimp Nuggets*. Food and Bioprocess Technology, 1: 1-8.
- Morara C. I., at. all. 2002. *Plasticizing and Antiplasticizing Effects of Water and Polyols On a Meat-Starch Extruded Matrix*. J Food Science, 67 (9): 3396-3401.
- Morillon V., at. all. 2002. *Factors Affecting the Moisture Permeability of Lipid-Based Edible Films: A Review*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 42 (1): 67-89.
- Morris, A. dan Parker, A. J. 1895. *Preservative Coating for Foods*. U.S. Patent- 556471.
- Murray, J. C. F. (2000). *Cellulosics*. Di dalam: *Handbook of Hydrocolloids*. Phillips G. O. dan Williams P. A. (editor) Woodhead Publishing Ltd, Cambridge, UK. Hal 219-229.
- Muzzarelli R., at. all. 1988. *Biological Activity of Chitosan: Ultrastructural Study*. Biomaterials 9, (3): 247-252.
- Nakajima, H., at. all. 1996. *Application of Membrane Technology to Soybean Processing*. Di dalam: A. Buchanan. Proceeding of the second International Soybean Processing and Utilization Conference Funny. Publ Ltd. Bangkok. Hal 45-67.
- Naresh, L. dan Shailaja, U. 2006. *Stabilizer Blends and Their Importance in Ice Cream Industry- A Review*. New Zealand Food Magazine.
- Naveena, B. M. 2002. *Studies On Use of Cucumis, Ginger and Papain for Tenderization of Buffalo Meat*. Ph.D Thesis, Indian Veterinary Research Institute (Deemed University), Izzatnagar (UP), India.
- Nakajima, H., J.B. Snape, K.K Reddy dan H. Nabetani. 1996. Application of membrane technology to soybean processing. In A. Buchanan. Proceeding of the second International Soybean Processing and Utilization Conference Funny Publ Ltd. Bangkok. p. 45-67.
- Nelson, K.L. dan Fennema. O.R. 1991. "Methylcellulose Films to Prevent Lipid Migration in Confectionery Products." *Journal of Food Science*.

- Nieto, M. B. 2009. *Structure and Function of Polysaccharide Gum-Base Edible Films and Coatings*. Di dalam: *Edible Films and Coatings*. Embuscado, M. E. dan Huber, K. C (editor). Springer. New York. Hal 57-112.
- Nisperos-Carriedo M. O. dan Baldwin E. A. 1990. *Edible coatings for Fresh Fruits and Vegetables*. Subtropical Technology Conference Proceedings. Lake Alfred, FL.
- Nisperos-Carriedo, M.O., P.E. Shaw dan E.A. Baldwin. 1990. Changes in volatile component of pineapple orange juice as influence by the application of lipid and composite film. *J. Agric. Food Chem.* 38:1382-1387.
- Nugroho, A., Basito. R.B. dan Katri. 2013. "Kajian Pembuatan Edible *Film* Tapioka dengan Penambahan Pektin Beberapa Jenis Kulit Pisang terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik." *Jurnal Teknosains Pangan*, 2 (1):1-12. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Universitas Sebelas Maret
- O'Connor-Shaw, R.E., M.J. Dijkman dan C. Wehlburg. 1994. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwi fruit, papaya, pineapple dan cantaloupe. *J. Food Sci.* 59 (6) : 1202-1206.
- Okamoto, S. 1978. Factors affecting protein film formulation. *Cereal Foods World* 23(5):256-262.
- Olivas, G. I. dan Barbosa-Canovas, G. 2008. *Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables*. Di dalam: *Edible Films and Coatings*. Embuscado, M. E. dan Huber, K. C (editor). Springer. New York. Hal 211-244.
- Onwulata, C.I.H. dan Peter, J. 2008. *Whey Processing- Functionality and Health Benefits*, vol. 1. Wiley-Blackwell, Ames. Iowa, USA.
- Pagno C. H., at. all. 2018. "The Nutraceutical Quality of Tomato Fruit During Domestic Storage Is Affected by Chitosan Coating." *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (1).
- Pantastico, E.B. 1998. Fisiologi Pasca Panen. Penerjemah Kamariyani, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Panyam D. dan Kilara A. (1996). *Enhancing The Functionality of Food Proteins by Enzymatic Modification*. *Trends in Food Sci Tech*, 7: 120-125

- Park, H. J. (1991). *Edible coatings for Fruit and Vegetables: Determination of Gas Diffusivities, Prediction of Internal Gas Composition and Effects of Coating On Shelf Life*. University of Georgia, Ph.D. Thesis. Georgia, USA.
- Park, H. J., Bunn, J. M., Weller, C. L., Vergano, P. J. dan Testin, R. F. 1994^a. *Water Vapor Permeability and Mechanical Properties of Grain Protein-Based Films as Affected by Mixtures of Polyethylene Glycol and Glycerin Plasticizers*. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers, 37: 1281-1285.
- Park, H. J., Chinnan, M. S. dan Shewfelt, R. L. 1994^b. "Edible Corn-Zein Coatings Storage Life Tomatoes." *Journal of Food Processing and Preservation*, 18: 317-333.
- Parker, A.L. 1982. *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers, Inc., Sparks, Maryland.
- Parris, N. and D.R. Coffin. 1997. Composition factors affecting the water vapor permeability and tensile strength of hydrophilic zein edible films. *J. Agric. Food Chem.* 45:1596-1599.
- Park, H.J., M.S. Chinan dan R.I. Shewfelt. 1994a. Edible corn-zein film coating to extend storage life of tomatoes. *J. Food Process. Preserv.* 18:317-331
- Park, H.J., J.M. Bunn, P.J. Vergano dan R.F. Testin. 1994b. Gas permeation and thickness of the sucrose polyesters, semperfresh coating on apples. *J. Food Process. Preserv.* 18:349-358.
- Parker, A.L., 1982. *Principles of Biochemistry*. Worth Publishers, Inc., Sparks, Maryland.
- Patni, N., Tripathi, N. Dan Bosmia, S. 2015. "Casein Extraction from Various Milk Samples and its Role as a Viable Substitute for Conventional Plastics." *International Journal of Applied Engineering Research*.
- Pavlath A.E. dan Orts, W. (2008). *Edible Films and Coatings: Why, What, and How?* Di dalam: *Edible Films and Coatings*. Embuscado, M. E. dan Huber, K. C (editor). Springer. New York. Hal 1-24.
- Pearce, J.A. dan Lavers, C.G. 2003. "Frozen Storage of Poultry. V. Effects of Some Processing Factors on Quality." *Canadian Journal of Research*, 27: 253-265.
- Pedroni V. I., Schulz P. C., Gschaidner M. E. dan Andreucetti N. 2003. *Chitosan Structure in Aqueous Solution*. *Colloid Polym Sci* 282 (1): 100-102.

- Perez-Gago, M.B and J.M. Krochta. 1999. Water vapor permeability of whey protein emulsion edible films as affected by pH. *J. Food Sci.* 64 (4):695-698.
- Permanasari, Elisabeth. 1998. Aplikasi Edible Coating dalam upaya mempertahankan mutu dan masa simpan paprika. Tesis Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Pimentel, A. S., et al. 2016. *Efficient Molecular Packing of Glycerol Monostearate in Langmuir Monolayers At The Air-Water Interface*. *Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering Aspects*.
- Pochat-Bohatier, C., Sanchez, J. dan Gontard, N. 2006. "Influence of Relative Humidity on Carbon Dioxide Sorption in Wheat Gluten Films." *Journal of Food Engineering*, 77 (4): 983-991.
- Pomeranz, Y. 1988. *Chemical Composition of Kernel Structures*. Di dalam : Pomeranz, Y. (editor). *Wheat : Chemistry and Technology*, 3rd ed., AACC. Hal 97-158.
- Quezada-Gallo, J., et al. 2005. *Biopolymers Used as Edible coating to Limit Water Transfer, Colour Degradation and Aroma Compound 2-Pentanone Lost in Mexican Fruits*. *Acta Horticulturae*. 682 (3): 1709-1716.
- Radina, P. M. dan Eckert, J. W. 1988. *Evaluation of Imazilil Efficacy in Relation to Fungicide Formulation and Wax Formulation*. Di dalam: Cohen, R., Mendel, K. (editor). *Citriculture Proceedings of the Sixth International Citrus Congress*. Balaban Publishers, Philadelphia PA. Hal 1427-1434.
- Rao, V. N. M. dan Delaney, R. A. M. 1995. *An Engineering Perspective On Deep-Fat Frying of Breaded Chicken Pieces*. *Food Technology*, 49: 138-141.
- Raut, K. A., Raziuddin, M. dan Zanjad, P. N. 2011. "Effect of Batter Consistency as Enrobing On Quality of Chicken Patties." *Tamilnadu Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 7: 176-179.
- Reddy, L., Shetty, T. M. R. dan Dora, K. C. 1990. *Utilization of Low Value Fish, Preparation of Fish Fingers from Croaker and Perches*. *Fishery Technology*, 27: 133-137.
- Rhim J.W. 2004. *Physical and Mechanical Properties of Water Resistant Sodium Alginate Films*. *Leb. Wiss. Technol*, 373: 323-330.

- Risbud M., Hardikar A. dan Bhonde R. 2000. *Growth Modulation of Fibroblast by Chitosan-Polyvinyl Pyrrolidone Hydrogel: Implications for Wound Management*. J Biosci, 25 (1): 147-159
- Rodriguez, M. S., at. all. 2003. *Relationship Between Astringency and Chitosan-Saliva Solutions Turbidity At Different pH*. J Food Sci, 68: 665-667.
- Rodriguez-de-Jasso, D., at. all. 2005. *Antifungal Activity in Vitro of Aloe Vera Pulp and Liquid Fraction Against Pathogenic Fungi*. Ind. Crops Prod, 21: 81-87.
- Rojas-Graü, M., at. all. 2007. *Apple Puree-Alginate Edible coating as Carrier of Antimicrobial Agents to Prolong Shelf-Life of Fresh-Cut Apples*. Postharvest Biology and Technology, 45: 254-264.
- Romano, N., at. all. 2014. *Edible Methylcellulose-Based Films Containing Fructo-Oligosaccharides as Vehicles for Lactic Acid Bacteria*. Food Research International, 64. 560–566.
- Rossmann, J. M. (2009). Commercial Manufacture of Edible Films. Di dalam: Edible Films and Coatings. Embuscado, M. E. dan Huber, K. C (editor). Springer. New York. Hal 367-390.
- Ross-Murphy, S. B. 1992. *Structure and Rheology of Gelatin Gels-Recent Progress*. Polyme, 33(12): 2622–2627.
- Roth, T. dan Loncin, M. 1984. *Superficial Activity of Water*. Di dalam: McKenna, B. M. (editor). *Engineering and Food*. Vol. 1. Elsevier Applied sciences Publishers. London, England.
- Roth, T. and M. Loncin. 1984. Superficial activity of water. p. 43-60 In B.M. McKenna (ed.). *Engineering and Food*. Elsevier Applied Science Publ. New York.
- Salame, M. 1986. *Barrier Polymers*. Di dalam: Bakker, M. (editor). *The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. John Wiley and Sons. New York.
- Salfarindo. 2005. "Kajian Ekspansi dan Analisa Ekonomi Unit Pengolahan Kacang "Te Pe"" *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Santoso, B.B dan Purwoko B.S. 1995. Fisiologi dan teknologi pasca panen tanaman hortikultura. Fakultas Pertanian Universitas Mataram.
- Sanz, T., Salvador, A. dan Fiszman, S. M. 2004. *Innovative Method for Preparing a Frozen, Battered Food Without a Prefrying Step*. Food Hydrocolloid, 18: 227-231.

- Sartori, K.C.E.T. dan Menegalli, F. C. 2014. *Films and Edible Coatings Containing Antioxidants – A Review*. Braz. J. Food Technol. Campinas, 17 (2): 98-112.
- Sciti, D. dan Bellosi, A. 2002. "Microstructure and Properties of Alumina-SiC Nanocomposites Prepared from Ultrafine Powder." *Journal of Material Science* 37. Kluwer Academic Publishers.
- Scope, R. K. 1994. *Separation by Precipitation*. Di dalam: Scope, R.K. (editor), *Protein purification; Principles and practice*. Springer-Verlag, New York. Hal 71-101.
- Seguro. K dan M. Motoki. 1994. Trends in Japanese soy research. Inform. 309-310.
- Seguro. K dan Motoki, M. 1994. *Trends in Japanese Soy Research*. Inform. Hal 309-310.
- Setiajit dan Sjaifullah. 1993. Penelitian beberapa parameter penting dalam merancang penyimpanan buah salak bali dengan sistem atmosfer termodifikasi. *Penel. Hort.* 5 (3) : 79-85.
- Setiasih, Imas Siti. 1999. Kajian perubahan mutu salak pondoh dan mangga arumanis terolah minimal berlapis film edibel selama penyimpanan. Disertasi Fakultas Pascasarjana IPB.
- Seymour, GB., J.E Taylor, and GA Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. London:Chapman and Hall.
- Shalit, M., N. Katir, Y. Taadmor, O. Larkov. 2001. Alcohol acetyltransferase activity and aroma formation in ripening fruits. *J. Agric Food Chem.*, 70 (6) 794-799.
- Sharma, D. P. dan Yadav, S. 2008. "Effect of Enrobing with Bengal Gram and Corn Flour Based Batter On Physico-Chemical and Sensory Qualities Ofspent Hen Meat Patties." *Indian Journal of Poultry Science*, 43: 201-205.
- Shewfelt, R.L. 1987. Quality of minimally processed fruits and vegetables. *J. Food Quality* 10 (3): 143-150.
- Shelef, L. A. dan Liang, P. 1982. "Antibacterial Effect of BHA Against Bacillus Species." *Journal of Food Science*, 47: 796-799.
- Shukla, R. dan Cheryan, M. (2001). *Zein: The Industrial Protein from Corn*. *Industrial Crops and Products an International Journal*, 13: 171-192.
- Sjaifullah. 1996. *Petunjuk memilih buah segar*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Smith, S.J. Geeson and J. Stow. 1987. Production of modified atmosphere in deciduous fruits by the use of films and coatings. *J. Hort. Sci.* 28 (2) 89-95.

- Snyder, H.E dan T.W. Kwon. 1987. Soybean utilization. Van Nostrand Reinhold Co. Inc. New York.
- Sumardi, H.S, H.K. Purwadaria, A.M. Syarief dan Sutrisno. 1996. Pengkajian awal penyimpanan durian segar (*Durio Zibethinus*) dengan atmosfer terkendali. Seminar Perteta. JICA-Creata. Bogor.
- Sunarjono. H. 1995. Aneka permasalahan durian dan pemecahannya. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sunaryono. H. 2004. Budi daya buah durian. Penebar Swadaya Jakarta
- Sothornvit R. dan Krochta J. M. 2001. *Plasticizer Effect On Mechanical Properties of Beta-Lactoglobulin Films*. J Food Eng, 50 (3): 149-155.
- Stoloff, L.S., Puncochar, J.F. dan Crowther, H.E. 2001. *Curb Mackerel Fillet Rancidity*. Food Industries, 20: 1130-1132, 1258.
- Suderman, D. R., Wiker, J. dan Cunningham, F. E. 1981. *Factors Affecting Adhesion of Coating to Poultry Skin: Effects of Various Protein and Gum Sources in the Coating Composition*. J. Food Sci, 46: 1010-1011.
- Sundara, R., Máñez, A. dan Vieira, J. 2014. *Enrobing in the Confectionery Industry*. New Food, 17 (1): 36-38.
- Sworn G. 2000. *Gellan gums*. Di dalam: Phillips G. O. dan Williams P. A. (editor). *Handbook of Hydrocolloids*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. Hal 117-35.
- Syafarini, I. 2009. "Karakteristik Produk Tepung Es Krim Dengan Penambahan Hidrokoloid Karaginan dan Alginat." *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor
- Tapia, M. S., Rojas-Graü, M. A., Rodríguez, F. J., Ramírez, J., Carmona, A. dan Martin-Belloso, O. 2007. "Alginate and Gellan-Based Edible Films for Probiotic Coatings on Fresh-Cut Fruits." *Journal of Food Science*, 72: 190-196.
- Tharanathan R.N. 2003. *Biodegradable Films and Composite Coatings: Past, Present and Future*. Trends Food Sci. Technol, 14: 71-78.
- Tranggono. 1988. Fisiologi pasca panen hasil tanaman. Pusat Antar Universitas (PAU) UGM, Jogjakarta.

- Trezza, T. A. dan Krochta, J. M. 2000. *The Gloss of Edible coatings as Affected by Surfactants, Lipids, Relative Humidity and Time*. J. Food Sci, 65 (4): 658-662.
- Usawakesmanee, W., Wuttijumnong, P. dan Chinnan, M. 2005. *The Effects of Edible Coating Ingredient as A Barrier to Moisture and Fat of Fried Breaded Potato*. Kasetsart Journal Natural Science, 39: 98-108.
- Valverde J. M., Valero D., Martinez-Romero D., Guillen F., Castillo S. dan Serrano M. 2005. "Novel Edible Coating Based On Aloe Vera Gel to Maintain Table Grape Quality and Safety." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (20): 7807-7813.
- Vojdani, F. and J.A. Torres. 1990. Potassium sorbate permeability of methylcellulose and hidroxypropyl methylcellulose coatings: effect of fatty acids. J. Food Sci. 55 (3):841-846.
- Wanstedt, K. G., Seideman, S. C., Donnelly, L. S. dan Quenzer, N. M. 1981. "Sensory Attributes of Precooked Calcium Alginate Coated Pork Patties." *Journal of Food Protection*, 44: 732-735.
- Wang, P.Y. 1986. *Meat Processing I*. Di dalam: Hall, C. W., Frall, A. W., Rippen, A.L. (editor). *Encyclopedia of Food Engineering 2nd edition*. AVI Publishing. Westport, CT. Hal 545-550.
- Wei, D. dan Hosney, R. C. 1995. *Effects of Certain Breadmaking Oxidants and Reducing Agents On Dough Rheological Properties*. American Association of Cereal Chemists, Inc. Cereal Chem.
- Wehr, H. M. 1978. *Attitudes and Policies of State Governments*. Food Technology Champaign, 24: 189-199.
- Wells, J. M. 1971. *Heated Wax-Emulsion with Benomyl and 2,6-Dichloro-4-Nitroaniline for Control of Postharvest Decay of Peaches and Nectarines*. Phytopathology, 62: 129-133.
- Wenjiao, F., at. all. 2009. *Effects of Chitosan Coating On Quality and Shelf Life of Silver Carp During Frozenstorage*. Food Chemistry, 115: 66-70.

- Wibowo, T. 1996. "Pengaruh Penambahan Isolat Protein Kedelai Terhadap Karakteristik Fisik Edible coating dan Low Methoxy Pectins." *Skripsi*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Wibowo, T. 1996. Pengaruh penambahan isolat protein kedelai terhadap karakteristik fisik edible coating dan low methoxy pectins. Skripsi Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Wicaksono. 1988. Pengaruh penggunaan serbuk sari dari varietas yang berbeda terhadap pertumbuhan dan perkembangan buah durian monthong. Jurusan Budidaya Pertanian. Faperta. IPB. Bogor.
- Wijaya, W. A., dkk. 2012. *Beras Analog Fungsional dengan Penambahan Ekstrak Teh untuk Menurunkan 51 Indeks Glikemik dan Fortifikasi dengan Folat, Seng, dan Iodin (Laporan Perkembangan Penelitian)*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wills, R.B.H, W.B. Mc. Glasson, D. Graham dan E.G. Hall. 1981. Postharvest, an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Winarno F.G. dan M. Aman. 1981. Fisiologi lepas panen. Sastra Hudaya. Jakarta.
- Winarno, F.G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. PT. Gramedia, Jakarta.
- Winarno, F.G. 1995. Strategi pengembangan produksi buah-buahan untuk pasar domestik. Makalah Seminar Nasional Pengembangan Buah-Buahan Dalam Rangka Hari Pangan Sedunia XV. Jakarta, 3-4 Oktober 1995.
- Wittaya, T. 2012. *Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties*. Structure and Function of Food Engineering. InTech
- Whistler R. L. dan Daniel J. L. 1990. *Functions of Polysaccharides in Foods*. Di dalam: Branen, A. L., Davidson, P. M. dan Salminen, S. Y. (editor). *Food Additives*. Marcel Dekker: New York. NY. Hal 395-424.
- Wong, D.W.S., et al. 1994. *Gas Exchange in Cut Apples with Bilayer Coatings*. J. Agric. Food Chem., 42 (10): 2278-2285.

- Wong, D.W.S., S.J. Tillin, J.S. Hudson and A.E. Pavlath. 1994. Gas exchange in cut apples with bilayer coatings. *J. Agric. Food Chem.*, 42 (10):2278-2285.
- Wuryani, S. 1999. Pengkajian model umur simpan salak pondoh terolah minimal dengan pelapis edibel. Makalah Seminar Pascasarjana IPB.
- Wu, Y., et. al. 2000. "Moisture Loss and Lipid Oxidation for Precooked Beef Patties Stored in Edible coatings and Films." *Journal of Food Science*, 65: 300-304.
- Xu, X.Y., Kim, K.M., Hanna, M.A. dan Nag, D. 2005. "Chitosan-Starch Composite Film: Preparation and Characterization." *Industrial Crops and Products an International Journal*, 21:185-192.
- Yadav, S. dan Sharma, D. P. 2008. "Effect of Enrobing with and without Preservatives On the Quality Characteristics of Chicken Patties." *Indian Journal of Poultry Science*, 43: 333-338.
- Yang L. dan Paulson A. T. 2000. *Effects of Lipids On Mechanical and Moisture Barrier Properties of Edible Gellan Film*. *Food Res Int*, 33: 571-578.
- Yildirim, M., Gulec, F., Bayram, M. dan Yildirim, Z. 2006. *Cheese Properties of Kashar Cheese Coated with Casein as a Carrier of Natamycin*. *Italian J Food Sci*, 18: 127-138.
- Yilmaz, F. dan Dagdemir, E. 2012. "The Effects of Beeswax Coating on Quality of Kashar Cheese During Ripening." *International Journal of Food Science & Technology*, 47 (12): 2582-2589.
- Yuwono, S. S., Hayati, K. K. dan Wulan, S.N. 2010. "Karakterisasi fisik, kimia, dan fraksi protein 7S dan 11S sepuluh varietas kedelai produksi Indonesia." *Jurnal Tek. Pertanian*, 4 (1): 84-90.
- Yoyo, T. 1995. "Mempelajari Karakteristik Fisik Edible *Film* dari Protein Kedelai." *Skripsi*. Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Yoyo, T. 1995. Mempelajari karakteristik fisik edible film dari protein kedelai. Skripsi Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.

Indeks

A

Aerob 2, 26, 97, 98, 99, 103, 105, 115
Agaropektin 26, 27
Agarosa 26, 27
Alginat 30, 31, 63, 64, 68, 69, 70, 101, 103, 116, 117, 144
Amilopektin 5, 7
Amilosa 5, 6, 7, 120
Anaerob 2
Anhidroglukosa 8
Antioksidan 1, 19, 23, 24, 33, 61, 62, 63, 64, 65, 97, 107, 112, 117, 118, 119, 120, 124
Antioksidan 61, 62, 63, 129
Antraknosa 99
Asam askorbat 11, 19, 30, 61, 62, 64, 96, 102, 112
Asam kloroasetat 8, 9
Asam lemak 55

B

Beeswax 48, 49, 78, 104, 126, 146
Biokimia 2, 6, 50, 111
Biopolimer 23, 72, 87, 109, 113, 122
Brushing 3, 84
Butylated hydroxyanisole 61, 62

C

Carboxymethyl cellulose 8
Chondrus crispus 28
Conglycinin 33
Cyamopsis tetragonoloba 22

D

Didenaturasi 32
Diekstraksi 13, 20, 30, 46, 114
Dipping 3, 81, 82, 83, 87
Disintegrasi 6, 30, 72
Disulfida intermolekuler 36, 43
Double helix 27

E

Emulsifier 7, 22, 42, 51
Enzim aldose 50
Enzim rennet 35
Eucheuma cottonii 28
Euphorbia antisyphilitica 46
Exoskeleton krustasea 23

F

Fenilalanin amonia lyase 25
Fenugreek 22
Fibrous 32
Favor 2, 31, 48, 60, 65, 66, 123
Flokulasi 11, 12
Fraksi 5, 20, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 35, 42, 146
Fraksi prolamin 42

G

Gel 4, 6, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 24, 26, 27, 29, 30, 31, 34, 39, 40, 41, 52, 63, 107, 121, 139
Gelasi 30

Gelatin 39, 40, 69, 104, 116, 128, 129, 132, 143
Gellan gum 18, 19
Gigartina skottsbergi 28
Glikosidik 8, 17, 22, 27
Gliseril monostearat 51
Gliserol 50, 57, 70, 97, 128
Glukosa 5, 9, 11, 12, 17, 114
Glutamin 33, 42
Glutaraldehyd 44
Glutathione 19
Gluten 43, 44, 74, 78, 133, 137, 142
Gluten gandum 32, 39, 43, 44, 72, 108, 115
Glycinin 33
Guar gum 22, 23
Gugus amida 15, 50
Gugus karboksil 14, 15, 16
Gugus sulfhidril 36
Gum 5, 12, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 66, 68, 72, 73, 96, 97, 99, 101, 103, 116, 121, 122

H

Hidrofobik 7, 32, 34, 35, 36, 39, 42, 44, 45, 51, 56, 57, 72, 87
Hidrogen 4, 6, 10, 11, 15, 21, 23, 27, 32, 39, 42, 44, 48, 50
Hidrokarbon 47, 51, 76
Hidrokoloid 3, 4, 23, 25, 53, 54, 76
Hidroksimetil 8
Higroskopis 26, 50
Hydroxypropyl cellulose 8

I

Ionik 5, 15, 16, 18, 32, 39, 43
Iraidea laminarioides 28
Isolat protein 33, 34, 35, 49, 53, 66, 70, 77, 96, 115, 120

K

Kalsium laktat 66, 97
Karbohidrat 4, 5, 16, 18, 26, 33, 37, 41, 43, 95
Kasein 37, 38, 105, 126

Kaseinomakropeptida 35
Katalase 25
Kitosan 5, 23, 24, 25, 54, 59, 61, 64, 66, 67, 71, 72, 96, 97, 98, 99, 100, 105, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 123
Kitosan 23, 24, 25, 64, 65, 95, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 114, 116, 117, 125, 126
Kloroasetat 8, 9
Kolagen 40, 41, 74, 107
Komposit 53
Konsentrat protein 49, 60, 61, 102, 126
Kovalen 21, 32, 56
Kurva absorpsi 72

L

Lactose intolerance 33
Lakase 25
Leusin 42
Lilin carnauba 3, 45, 46, 47, 95
Lipid 3, 4, 8, 12, 31, 35, 43, 45, 53, 54, 56, 62, 71, 75, 76, 77, 90, 106, 107, 111, 112, 116, 117

M

Methyl cellulose 8
Metil klorida 8, 12
Metode foaming 85
Metode spray coating 85, 87
Mikroba 1, 2, 5, 11, 24, 25, 26, 30, 31, 52, 58, 59, 61, 67, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 107, 111, 112, 116, 117, 123
Mikrobiologis 2, 98, 115, 116, 124, 126
Mikrofibril 11
Mikroorganisme 16, 25, 67, 68, 94, 96, 97, 99, 101, 102, 103, 109, 111, 112, 114, 116
Modified atmosphere 25, 26
Molekul 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 29, 30, 31, 33, 37, 38, 42, 43, 47, 50, 52, 55, 56, 57, 76, 77, 79, 80, 86, 115
Molekul surfaktan 57
Moluska 23

N

Natrium hidroksida 9, 12
Natrium lauril sulfat 57
Nisin 28, 30, 58, 59, 60, 63, 96, 97, 110
Nutraceutical 66, 141

O

Oksidasi lipid 31, 35, 62, 106, 107, 112, 116, 117
Oksidasi mioglobin 106
Oligosakarida arabinogalaktan 20
Organoleptik 2, 11, 96, 103, 124

P

Panning 3, 85, 88, 90
Parafin 45, 47, 48, 78, 102
Parenkim 26
Pati 5, 6, 7, 10, 42, 44, 49, 53, 54, 55, 65, 69, 72, 76, 97, 99, 104, 105, 106, 109, 120
Patogen 58, 67, 94, 100, 109, 111, 112, 113, 114
Pektin 5, 13, 14, 15, 16, 64, 73, 95, 96, 97, 98, 106, 120
Pelarut 2, 32, 34, 45, 47, 51, 53, 56, 82, 83, 86, 99
Pengepulsi 24, 29, 51, 57, 65, 111, 120, 123
Permeabilitas 25, 74, 75, 76, 77, 78
Peroksidase 25, 58, 65
Plasticizers 2, 132, 141
Polifenoloksidase 25
Polihidroksi polikarboksilat 52
Polisakarida 3, 4, 5, 13, 16, 20, 22, 23, 30, 49, 53, 56, 59, 71, 76, 77, 95, 97, 106, 107, 108, 115, 122
Probiotik 67, 68
Prolin 40, 42
Propylene oxide 8
Protein 3, 4, 20, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 49, 50, 51, 53, 54, 56, 60, 61, 66, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 95, 96, 102, 104, 105, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 120, 124, 126, 146
Protein globular 32
Proteosa pepton 35

Pseudoplastik 17

R

Rantai polimer 4, 7, 8, 10, 13, 30, 32, 40, 50, 55, 75, 79, 80
Reaksi maillard 71, 123
Reaksi oksidasi 71, 74, 119
Rhodophyceae 28

S

Selulosa 5, 7, 8, 9, 11, 12, 23, 25, 53, 54, 61, 95, 106, 107, 108
Sensorik 2, 11, 24, 30, 31, 59, 62, 63, 64, 65, 92, 96, 111, 112, 116, 122, 125, 126
Shellac 52, 53, 75, 104, 118
Sintesa glutathionine 35
Sistein 19, 33, 35, 62
Sistem koloid 40
Sitrat 19, 28, 59, 60, 61, 62, 63, 97, 119
Spraying 3, 86, 87, 125
Spraying nozzle 85
Sterik 11, 16, 23, 56
Struktur kimia 45, 47, 76

T

Tokoferol 61, 62, 63
Trimetilamina 111, 112

V

Viscolatine 42
Viskositas 4, 9, 10, 17, 18, 30, 40, 50, 65, 83, 84, 85, 86, 87, 91

X

Xanthan gum 16, 17, 18, 116

Z

Zat antimikroba 63
Zein 41, 42, 74, 78, 99, 104, 115, 117, 126, 128, 135, 141, 144
Zein jagung 32, 39, 53, 95, 108, 119

Biodata Penulis

Edible Coating dan Aplikasinya Pada Produk Pangan

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

0%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

repository.unpas.ac.id

Internet Source

12%

2

www.scribd.com

Internet Source

2%

3

id.123dok.com

Internet Source

1%

4

eprints.unm.ac.id

Internet Source

1%

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On