

Potensi *Edible coating* Kombinasi Pati Suweg dan Minyak Atsiri Sereh serta Aplikasinya pada Cabai

Potential of Edible coating Combination of Suweg Starch and Lemongrass Essential Oil and Its Application in Chili

Nurul Niswatin Sholehah¹; Riski Ayu Anggreini^{1*}

¹ Teknologi Pangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Cabai merah keriting merupakan salah satu jenis cabai yang populer di kalangan masyarakat Indonesia dengan tingkat permintaan yang tinggi. Namun, penanganan pasca panen cabai merah keriting selama transportasi dan penyimpanan menjadi permasalahan yang kritis karena mengalami susut bobot yang cukup tinggi akibat kerusakan. Apabila tidak segera di distribusikan, cabai akan mengalami penurunan kualitas maupun kuantitas karena kerusakan. Aktivitas respirasi tidak dapat dihentikan tetapi dapat diminimalisir, salah satunya dengan cara diberi pelapisan (*coating*). *Edible coating* merupakan bahan pelapis semi-permiabel yang berasal dari bahan yang dapat dimakan sehingga tidak berbahaya. Fungsi utama *edible coating* adalah sebagai barrier untuk mengendalikan transfer uap air, oksigen dan lipid sehingga mampu mempertahankan kualitas bahan pangan. Bahan pembuatan *edible coating* dapat berasal dari golongan hidrokolloid seperti pati. Pati adalah komponen terbesar yang ada pada umbi-umbian seperti umbi suweg. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan karakteristik fisik maupun fungsional dari *edible coating* berbasis pati adalah dengan penambahan bahan lain yang bersifat hidrofobik dan atau antimikroba. Minyak atsiri sereh sangat potensial sebagai agen antimikroba.

Kata Kunci

Cabai, *edible coating*, minyak atsiri

Abstract

Curly red chili is a type of chili that is popular among Indonesian people with a high level of demand. However, post-harvest handling of curly red chilies during transportation and storage is a critical problem because they experience high weight loss due to damage. If it is not immediately distributed, chili will experience a decrease in quality and quantity due to damage. Respiratory activity cannot be stopped but can be minimized, one of which is by coating it. *Edible coating* is a semi-permeable coating material derived from edible ingredients so it is harmless. The main function of an edible coating is as a barrier to control the transfer of water vapor, oxygen and lipids so as to maintain the quality of food. Materials for making edible coatings can come from hydrocolloid groups such as starch. Starch is the largest component in tubers such as suweg tubers. One way that can be used to improve the physical and functional characteristics of starch-based edible coatings is by adding other hydrophobic and/or antimicrobial materials. Lemongrass essential oil has great potential as an antimicrobial agent.

Keyword

Chili, *edible coatings*, essential oils

* Korespondensi : Riski Ayu Anggreini

 riskiyua.tp@upnjatim.ac.id

1. Pendahuluan

Cabai merah keriting merupakan salah satu jenis cabai yang populer di kalangan masyarakat Indonesia sebagai bahan pembuatan bumbu dasar atau penyedap rasa makanan. Produksi cabai merah keriting di Indonesia pada tahun 2021 berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) mencapai 8.601.851 kuintal. Selain produksi yang tinggi, permintaan cabai merah keriting juga cukup tinggi, berdasarkan hasil survei sosial ekonomi nasional tahun 2021, masyarakat Indonesia rata-rata mengonsumsi cabai merah sebanyak 0,15 (kg/kapita/bulan). Tingginya tingkat konsumsi cabai disebabkan karena adanya budaya kuliner masyarakat Indonesia yang banyak menggunakan cabai merah keriting sebagai bumbu dasar atau penyedap rasa makanan.

Namun, proses penanganan pasca panen cabai merah keriting selama transportasi dan penyimpanan menjadi permasalahan yang kritis karena mengalami susut bobot yang cukup tinggi akibat kerusakan. Apabila tidak segera di distribusikan, cabai akan mengalami penurunan kualitas maupun kuantitas karena kerusakan. Secara fisiologi, cabai pasca panen tetap mengalami reaksi metabolisme seperti respirasi, yang mana laju respirasi dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Aktivitas respirasi tidak dapat dihentikan tetapi dapat diminimalisir, salah satunya dengan cara diberi pelapisan (*coating*).

Material yang digunakan dalam pembuatan *coating* biasanya berasal dari plastik dan lilin, kedua bahan tersebut bersifat tidak aman jika dimakan maupun termakan serta bersifat tidak ramah lingkungan. Alternatif lain yang dapat diterapkan untuk menjaga kualitas bahan pangan adalah menggunakan *edible coating*. *Edible coating* merupakan bahan pelapis semi-permiabel yang berasal dari bahan yang dapat dimakan sehingga tidak berbahaya. Selain aman dikonsumsi, keunggulan *edible coating* adalah bersifat ramah lingkungan karena dapat terurai oleh alam (biodegradable). Fungsi utama *edible coating* adalah sebagai barrier untuk mengendalikan transfer uap air, oksigen dan lipid sehingga mampu mempertahankan kualitas bahan pangan.

Bahan pembuatan *edible coating* dapat berasal dari golongan hidrokoloid seperti pati. Pati adalah komponen terbesar yang ada pada umbi-umbian seperti suweg. Suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*) merupakan salah satu jenis umbi komoditas lokal Indonesia yang cukup melimpah tetapi kurang dimanfaatkan. Padahal, penelitian Pramesti *et al.*, (2015) menyebutkan bahwa umbi Suweg mengandung kadar pati sebesar 83,86% dengan rasio amilosa dan amilopektin sebesar 24,91% : 58,95%. *Edible coating* berbasis pati memiliki kelemahan pada sifat resistensi terhadap air dan sifat transmisi uap air yang rendah karena sifat hidrofilik pati dapat memengaruhi stabilitas dan sifat mekanisnya (Garcia *et al.*, 2011). Salah satu cara untuk meningkatkan karakteristik fisik maupun fungsional dari *edible coating* berbasis pati adalah dengan penambahan bahan lain yang bersifat hidrofobik dan atau antimikroba. Salah satu bahan yang bersifat antimikroba adalah sereh.

Sereh (*Cymbopogon citratus*) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak atsiri cukup penting di Indonesia. Sereh termasuk tanaman herbal dan biasanya digunakan sebagai bahan pembuatan bumbu maupun penyedap masakan. Sereh bersifat agen antimikroba karena mengandung komponen utama citral (Nguefack *et al.*, 2012). Beberapa penelitian telah menguji penggunaan pati Umbi Suweg sebagai *edible film* tetapi, sampai saat ini penelitian terkait penggunaan pati Umbi Suweg sebagai *edible coating* masih belum ada. Oleh karena itu, penulisan kajian ini bertujuan untuk memperlihatkan potensi pengembangan *edible coating* berbasis pati umbi suweg dengan penambahan *essential oil*

sereh sebagai antimikroba dengan harapan dapat mempertahankan kualitas cabai merah keriting.

2. Pembahasan

Edible coating pati Suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*)

Edible coating merupakan teknologi yang dipertimbangkan sebagai salah satu pendekatan untuk meningkatkan masa simpan produk pertanian segar pasca panen. *Edible coating* diaplikasikan langsung pada permukaan bahan pangan yang terdiri dari selaput tipis. *Edible coating* dapat berasal dari lipid, polisakarida, dan protein, yang berfungsi sebagai *barrier* uap air, gas, dan zat-zat terlarut lain serta berfungsi sebagai *carrier* (pembawa) berbagai macam *ingredients* seperti emulsifier, antimikroba, dan antioksidan sehingga berpotensi untuk meningkatkan mutu dan memperpanjang masa simpan buah-buahan dan sayuran segar yang mengalami pengolahan minimal (*minimally processed*) (Lin & Zhao, 2007; Patrignani *et al.*, 2015).

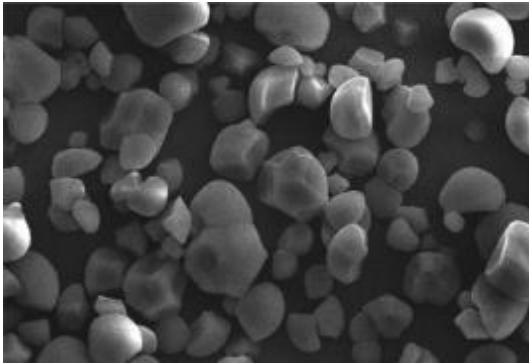
Beberapa keuntungan aplikasi *edible coating* berbasis pati antara lain menurunkan aktivitas air permukaan bahan pangan sehingga kerusakan akibat mikroorganisme dapat dihambat (Sembara *et al.*, 2021), mengurangi terjadinya dehidrasi sehingga susut bobot dapat dicegah (Tetelepta *et al.*, 2019), menghambat reaksi oksidasi/ ketengikan karena kontak antara oksigen dan bahan pangan ditekan seminimal mungkin (Usni *et al.*, 2016), mampu mempertahankan kesegaran bahan, kualitas flavor dan memperbaiki penampilan produk (Laga *et al.*, 2021), penampilan bahan pangan menjadi lebih menarik karena terbentuk kenampakan yang mengkilap (Anggarini *et al.*, 2016).

Amorphophallus paeoniifolius merupakan salah satu sumber karbohidrat yang baik dari keluarga *araceae*. Umbi ini di Indonesia dikenal sebagai umbi Suweg sedangkan di negara lain seperti India dikenal sebagai ubi kaki gajah dan banyak digunakan sebagai penyembuh dalam sistem pengobatan tradisional India (Ansil, 2022). Umbi Suweg banyak tumbuh di kawasan Asia Tenggara seperti Indonesia karena karakteristik tempat hidupnya adalah beriklim tropis (Estiasih *et al.*, 2017). Selain sumber karbohidrat yang baik, umbi ini juga memiliki sifat fungsional sebagai pengental makanan tetapi belum dimanfaatkan secara komersial (Reddy *et al.*, 2015).

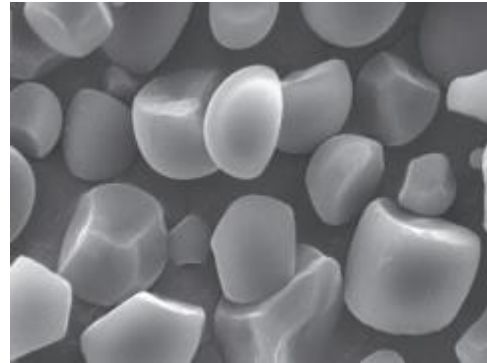
Sumber pati umumnya berasal dari singkong, gandum, jagung maupun kentang. Padahal menurut Richana & Sunarti (2004) dalam Wahyuni & Isnaini (2012) suweg memiliki prospek untuk dikembangkan menjadi tepung umbi maupun tepung pati. Pati merupakan komponen polisakarida karbohidrat yang bersifat tidak larut dalam air dingin maupun pelarut organik seperti alkohol, berbentuk bubuk putih, tidak berbau dan tidak berasa. Pati terdiri dari komponen amilosa dan amilopektin (Tzia *et al.*, 2012). Rasio amilosa dan amilopektin dipengaruhi oleh sumber pati, tetapi umumnya rasio amilosa dan amilopektin masing-masing 15-25% dan 75-85% (Rahman, 2018). Amilosa merupakan polimer rantai lurus dengan ikatan α -1,4-glukosida sedangkan amilopektin adalah polimer rantai bercabang dengan ikatan α -1,4-glukosida dan α -1,6-glukosida (Yu *et al.*, 2021)

Karakteristik dan sifat pati dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin. Kekuatan struktur pati dipengaruhi oleh amilosa sedangkan kekentalan dan kekuatan gel dipengaruhi oleh amilopektin. Amilosa yang tinggi pada pati menyebabkan sulitnya gelatinisasi. Hal tersebut dikarenakan kebutuhan energi yang lebih besar untuk mengurangi endapan amilosa Tako *et al.*, (2014). Namun, amilosa tinggi juga mampu membentuk film yang kokoh dan kuat strukturnya. Polimer amilopektin memiliki rantai yang bercabang dan ikatan antar

molekulnya bersifat lebih lemah dibandingkan dengan amilosa. Amilopektin yang tinggi pada pati akan menyebabkan lebih sedikit menyerap air, lebih basah, dan lengket sedangkan apabila kadar amilosa tinggi maka pati bersifat kering, lebih banyak menyerap air, dan kurang lengket (Kamsiati *et al.*, 2017). Berikut ini merupakan gambar morfologi granula pati oleh beberapa literatur melalui analisis SEM:



Gambar 1. Granula pati perbesaran 1000x (Sukhija *et al.*, 2016)



Gambar 2. Granula pati perbesaran 5000x (Nagar *et al.*, 2019)

Secara morfologi, granula pati umbi suweg berbentuk bulat, elips, dan poligonal dengan permukaan halus (Reddy *et al.*, 2015). Kadar amilosa sangat berperan pada proses gelatinisasi, retrogradasi dan lebih menentukan karakteristik pasta pati. Komponen amilosa lebih berperan pada pembentukan *edible coating* daripada amilopektin karena amilosa sebagai agen pembentuk gel dan *film* yang kuat (Anggarini *et al.*, 2016). Kadar amilosa dari pati umbi suweg cukup tinggi, hal ini ditunjukkan pada tabel 1 yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebagai berikut:

Tabel. 1 Kadar Amilosa Umbi Suweg (basis basah)

Kadar amilosa (%)	Referensi
25,2	Srichuwong <i>et al.</i> , (2012)
28,3	Reddy <i>et al.</i> , (2015)
14,07	Sukhija <i>et al.</i> , (2016)
37,80	Safitri <i>et al.</i> , (2020)
22,77	Barua <i>et al.</i> , (2021)

Hafidz dkk. (2017) menyebutkan bahwa umur umbi yang semakin tua akan menghasilkan kadar pati yang semakin rendah karena terjadi konversi dari pati menjadi serat secara perlahan dan kadar pati pada umbi akan menurun. Umbi suweg pada penelitian Safitri *et al.*, (2020) memiliki umur panen yang tidak terlalu tua dikarenakan masih awal musim tumbuh umbi ini segera dipanen sehingga menghasilkan kadar pati yang cukup tinggi. Variabilitas jumlah amilosa setiap bahan dapat berbeda karena adanya kompleksitas biosintesis pati yang dipengaruhi oleh faktor genetik berbagai enzim dan kondisi lingkungan (Copeland *et al.* 2009 dalam Safitri *et al.*, 2020).

Minyak Atsiri Sereh (*Cymbopogon citratus*) sebagai Antimikroba

Sereh merupakan salah satu tanaman aromatik yang berperan besar dalam bidang pangan, farmasi maupun industri kosmetik (Ekpenyong & Akpan, 2017). Sereh mengandung minyak atsiri sekitar 1-2% dari total berat kering tanaman, sel minyak terletak di jaringan parenkim (Ranade & Thiagarajan, 2015). Minyak atsiri sereh beraroma kuat dan menenangkan (Maswal & Dar, 2014) Komponen bioaktif yang terkandung dalam sebagian besar jenis sereh antara lain neral, isoneral, geranial, isogeranial, geraniol, geranyl acetate, citronellal, citronellol, germacrene-D, dan elemol yang membentuk sekitar 60-80% minyak atsiri sereh (Mukarram *et al.*, 2021).

Minyak atsiri sereh bermanfaat sebagai antimikroba (Ewansiha *et al.*, 2012), selain itu juga berfungsi sebagai fungisida (Wan *et al.*, 2018) *anthelmintic* dan insektisida (Macedo *et al.*, 2015). Seluruh komponen bioaktif sereh berkontribusi dalam aktivitas antimikroba, tetapi komponen utama yang berperan sebagai antimikroba adalah citral (aldehida) (Adukwu *et al.*, 2016). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa minyak atsiri sereh terbukti efektif melawan bakteri gram positif maupun negatif termasuk *Candida albicans*, *Streptococcus mutans* (Silva *et al.*, 2019), *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, dan *Staphylococcus aureus* (Ansil, 2022b).

Aktifitas antimikroba terutama bakteri oleh minyak atsiri sereh terjadi melalui mekanismenya dalam mengganggu kestabilan ikatan antara lapisan ganda lipid dan menetralkan bakteri melalui disintegrasi. Zat yang mudah menguap dari minyak atsiri sereh seperti fenol, flavonoid, dan flavon juga efektif melawan berbagai jenis jamur (Dong & Thuy, 2019) Aktivitas antimikroba terutama jamur terjadi melalui gangguan membran plasma dan disorganisasi mitokondria yang mengakibatkan kebocoran Ca²⁺, K⁺ dan Mg²⁺ dan hilangnya ion dapat mempengaruhi transduksi sinyal dan perkecambahan jamur. Minyak atsiri sereh dalam jangka waktu yang lebih lama tetap memiliki fungsi yang efektif dalam melawan produksi spora jamur sehingga umur simpan produk pangan akan lebih baik (Masniyom *et al.*, 2012).

Aktivitas antimikroba dalam menghambat pertumbuhan mikroba selama inkubasi ± 24 jam dapat dinyatakan dalam nilai *minimum inhibitory concentration* (MIC). Nilai MIC dipengaruhi oleh jenis minyak atsiri dan jenis mikroba yang ditargetkan. Penelitian terkait nilai MIC minyak atsiri sereh dapat dilihat sebagaimana tabel 2.

Tabel. 2 *Minimum inhibitory concentration* (MIC) minyak atsiri sereh

No.	Mikroba Target	MIC	Referensi
1.	<i>Cronobacter sakazakii</i> <i>Cronobacter malonaticus</i>	0,5 mg/mL (500 µg/mL)	(Fraňková <i>et al.</i> , 2014)
2.	<i>Escherichia coli</i> <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Candida albicans</i>	0,1 µL/mL 0,2 µL/mL 0,8 µL/mL	(El-Kased & El-Kersh, 2022)
3.	<i>Candida tropicalis</i> T26 <i>Candida tropicalis</i> U71 <i>Candida tropicalis</i> V89	2,0 µL/mL 1,0 µL/mL 3,9 µL/mL	(Sahal <i>et al.</i> , 2020)
4.	<i>Escherichia coli</i> O157:H7	0,5 mg/mL (500 µg/mL)	(Ortega-Ramirez <i>et al.</i> , 2020)
5.	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 <i>Staphylococcus enterica</i> sv <i>Anatum</i>	617 µg/mL 1550 µg/mL	(Rodrigues <i>et al.</i> , 2022)

	SF2 <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	250 µg/mL	
6.	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>Dhermatophylus congolensis</i> <i>Kytococcus sedentarius</i>	0,15 mg/mL (150 µg/mL) 0,15 mg/mL (150 µg/mL) 0,1 mg/mL (100 µg/mL)	(Schweitzer <i>et al.</i> , 2022)

Edible coating Kombinasi Pati dan Minyak Atsiri

Edible coating berbasis polisakarida pada produk pangan telah banyak diteliti dan diaplikasikan pada bidang pangan. *Coating* berbasis polisakarida dapat berasal dari gom alami, kitosan, pati, alginat, karagenan, dan gum. Namun, *edible coating* berbasis polisakarida hanya dapat memberikan penghalang kelembaban yang minimal (Dehghani *et al.*, 2018). Meskipun, *coating* berbasis polisakarida mungkin tidak memberikan penghalang uap air yang baik, Kester dan Fennema (1986) melaporkan bahwa lapisan ini mampu memperlambat kehilangan kelembaban dari produk pangan dengan menambahkan kelembaban tambahan pada permukaannya hilang terlebih dahulu. Pembuatan *edible coating* berbasis polisakarida biasanya ditambahkan *plasticizer* berupa gliserol untuk meningkatkan fleksibilitas dan tekstur yang halus (Estiningtyas, 2010).

Beberapa tahun terakhir, inovasi baru *edible coating* dari pati yang dikombinasikan dengan minyak atsiri juga mulai diteliti efeknya terhadap bahan pangan. Efek yang dihasilkan lebih baik dibandingkan *edible coating* non kombinasi. Penambahan minyak atsiri dalam *edible coating* berbasis pati memberikan fungsi ganda, selain berfungsi sebagai pelapis juga berfungsi sebagai antimikroba. Berikut ini merupakan efek yang dihasilkan dari kombinasi pati dan minyak atsiri oleh beberapa peneliti dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel. 3 Efek Kombinasi *Edible coating* dan *essential oil* dalam bidang pangan

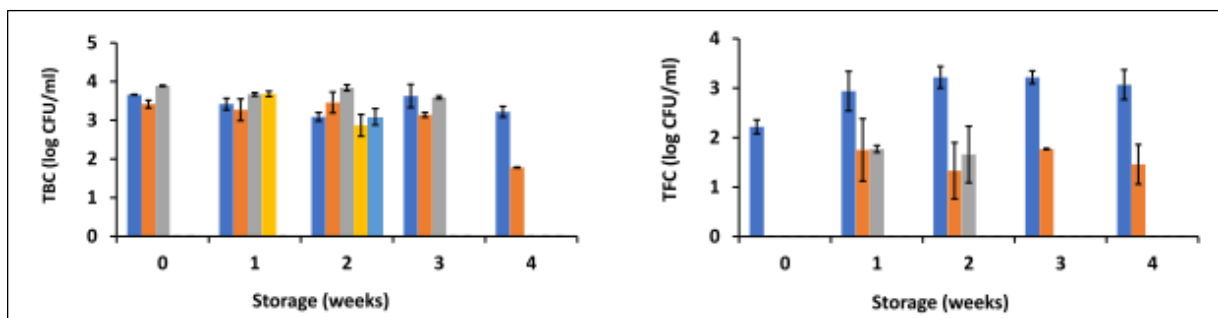
Tipe <i>coating</i>	<i>Essential oil</i>	Produk aplikasi	Teknik <i>coating</i>	Efek	Referensi
Pati singkong	Ekstrak jahe merah	Cabai merah	Pencelupan 60 detik	Fungistatik terhadap <i>Aspergillus flavus</i> , menurunkan susut bobot, mempertahankan kekerasan dan kenampakan warna serta mampu menekan TPC jamur cabai merah.	(Henra <i>et al.</i> , 2023)
Alginat dan karagenan	Minyak atsiri sereh	Pepaya	Pencelupan	Lapisan ini memiliki reproduktifitas dan degradasi yang baik, mencegah pembusukan dan	Hamzah <i>et al.</i> , (2013)

				kontaminasi bahan serta mempertahankan atribut sensoris.	
Gum Psyllium	Minyak biji bunga matahari	Pepaya potong segar	Pencelupan	Selama 16 hari penyimpanan, mengurangi susut bobot, meningkatkan total padatan terlarut, menjaga pH bahan pangan konstan (pH<5), mempertahankan warna, vitamin C, karakter sensoris, dan efektif menghambat pertumbuhan kapang dan khamir.	Yousuf & Srivastava (2015)
Alginat dan karagenan	Minyak atsiri serih	Potongan nanas segar	Pencelupan (<i>dipped</i>) 2 menit	Secara signifikan mengurangi laju respirasi, susut bobot, TPC (<i>Total Plate Count</i>) khamir (<i>yeast</i>) dan total kapang (<i>mould</i>), mempertahankan kekerasan, warna dan karakter sensoris dan morfologi bahan pangan.	(Azarakhsh <i>et al.</i> , 2014).
Flaxseed gum	Minyak atsiri serih	Delima	Pencelupan	Selama 12 hari penyimpanan, secara efektif mampu menghambat pertumbuhan kapang dan khamir serta mengurangi perubahan warna	(Yousuf & Srivastava, 2017)
Pati singkong	Minyak atsiri cengkeh	Pepaya	Pencelupan	Tidak mengubah sifat fisikokimia buah, sedikit mempengaruhi daya terima penampilan buah, tetapi warna, rasa dan aroma	Batista <i>et al.</i> , (2020)

				daging buah jauh lebih baik.	
--	--	--	--	------------------------------	--

Minyak atsiri sereh yang ditambahkan dalam *edible coating* telah terbukti efektif sebagai antimikroba. Penelitian Hamzah *et al.*, (2013) melaporkan bahwa *edible coating* dari alginat dan karagenan dengan penambahan *essential oil* sereh yang diaplikasikan pada pepaya utuh ternyata dapat mencegah pembusukan makanan dan kontaminasi mikroba serta mampu mempertahankan sifat sensoris makanan, hal serupa juga terjadi pada nanas yang telah dipotong-potong (Azarakhsh *et al.*, 2014). Penelitian lainnya oleh Yadav *et al.*, (2022) yaitu *edible coating* berbahan dasar pati biji mangga yang dikombinasikan minyak atsiri sereh dengan berbagai konsentrasi. Formulasi *edible coating* antara lain T1 (2% pati biji mangga); T2 (2% pati biji mangga + 0,25% minyak atsiri sereh); T3 (2% pati biji mangga + 0,5% minyak atsiri sereh); dan T4 (2% pati biji mangga + 1% minyak atsiri sereh). Dilakukan penelitian sifat fisiologis, fisiokimia, dan mikrobiologi buah jambu biji segar yang disimpan pada suhu $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban relatif $85 \pm 5\%$ hingga 9 hari. Hasil penelitian melaporkan bahwa *edible coating* pati biji mangga yang dikombinasikan dengan minyak atsiri sereh efektif dalam meningkatkan daya simpan buah jambu biji dengan mempertahankan atribut kualitasnya. Peningkatan daya simpan buah tersebut disebabkan oleh mikroba ragi dan jamur berkurang, terutama pada perlakuan T3 dan T4.

Penelitian lainnya oleh Alkaabi *et al.*, (2022) yaitu efek penambahan minyak atsiri pada *edible coating* berbasis gel lidah buaya ternyata secara signifikan mampu mencegah pertumbuhan mikroba pada buah kurma, hal ini dapat dilihat sebagaimana gambar 2. Sampel buah kurma dicelupkan ke dalam campuran *coating*, dikeringkan, dan kemudian disimpan pada suhu kamar selama 4 minggu. Analisis buah kurma selama penyimpanan mengungkapkan bahwa pelapis yang diterapkan memang membantu dalam mempertahankan atribut fisikokimia (misalnya, kelembapan, tekstur, dan pH). pelapis berbasis nanoemulsi dari minyak atsiri sereh (hingga 3%) dan gel lidah buaya menunjukkan sifat antijamur yang sangat baik, yang cukup luar biasa karena buah kurma biasanya lebih rentan terhadap pertumbuhan jamur daripada pertumbuhan bakteri.



Gambar 3. Jumlah bakteri total (TBC) dan jumlah jamur total (TFC) pada kurma yang dilapisi dan tidak dilapisi selama penyimpanan (Alkaabi *et al.*, 2022)

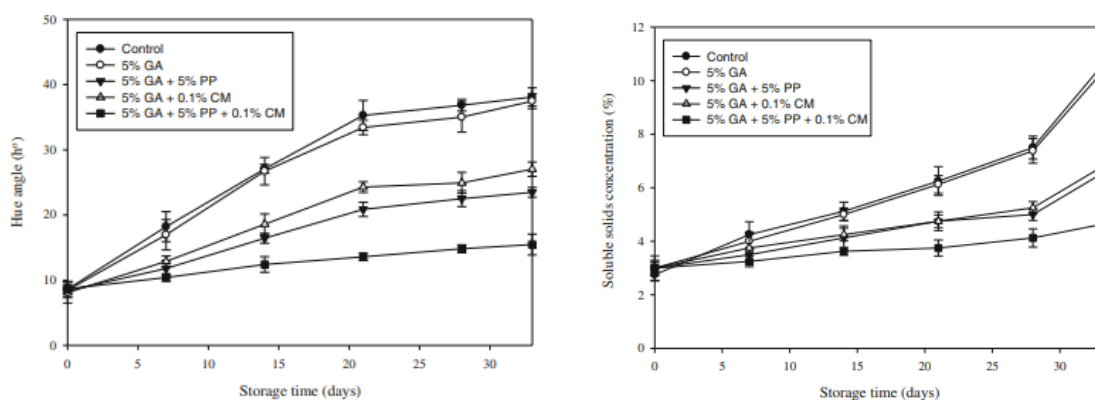
Efek *edible coating* pada Cabai Merah Keriting

Cabai merah keriting (*Capsicum annum L.*) merupakan salah satu komoditas sayuran non-klimaterik yang termasuk dalam keluarga *solanaceae*. Cabai merah keriting juga merupakan komoditas ekspor. Cabai ini merupakan sumber vitamin A dan C (Krasniewska *et al.*, 2015). Cabai merah keriting adalah produk hortikultura yang mudah sekali mengalami

kerusakan, sehingga jika tidak segera didistribusikan akan mengalami penurunan kualitas maupun kuantitas. Setelah pemanenan, cabai merah keriting mengalami perubahan fisiologis akibat laju respirasi dan transpirasi. Efek fisiologis akibat metabolisme pasca panen antara lain susut bobot, perubahan warna, tekstur, dan kenampakan sehingga mampu mempengaruhi daya jual maupun daya beli (Lamona *et al.*, 2015).

Selain itu, efek pasca panen juga meningkatkan risiko infeksi oleh mikroorganisme pembusuk sehingga umur simpan cabai menjadi lebih pendek sekitar 2 minggu. Suhu < 7°C tidak baik untuk penyimpanan cabai, penumpukan cabai pada kardus atau *polybag* juga akan mempengaruhi atribut sensorisnya sehingga dapat menurunkan daya jual (Nair *et al.*, 2018). Efek fisiologis maupun metabolisme pasca panen tidak dapat dihindari namun dapat ditekan sekecil mungkin dengan penanganan pasca panen yang tepat. Penggunaan suhu pada penyimpanan cabai mampu mempertahankan kesegarannya dan dapat memperpanjang umur simpan (Lamona *et al.*, 2015).

Laju respirasi dan aktivitas metabolik dapat ditekan dengan pengemasan yang tepat. Pengaplikasian *coating* pada komoditas hortikultura mampu mempertahankan kesegaran dan menurunkan susut bobot karena kehilangan kelembaban pada permukaan produk dapat dihambat. Lapisan tersebut berfungsi sebagai *barrier* kelembaban dan oksigen, yang terbukti efektif mampu menurunkan laju respirasi dan aktivitas metabolik (Tsfay & Magwaza, 2017). Penelitian (Tsfay & Magwaza, 2017) melaporkan bahwa pengaplikasian *edible coating* dari kulit buah delima yang dikombinasikan dengan kitosan tidak hanya mampu menghambat pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* tetapi juga mampu menekan penurunan bobot, kesegara, warna, asam askorbat dan kandungan klorofil total dalam cabai. Selain itu, pertumbuhan mikroba dapat dihambat tanpa mempengaruhi kualitas sensoris selama 25 hari. Sejalan dengan penelitian Ali *et al.*, (2014) efek *edible coating* dapat dilihat sebagaimana gambar 4.



Gambar 4. Efek *edible coating* terhadap (kiri) sudut rona; (kanan) konsentrasi padatan terlarut (%) (Ali *et al.*, 2014)

Susut bobot terendah terdeteksi pada kombinasi perlakuan PP dan CM (27%) diikuti oleh PP (47%), CM (49%), GA (87%), dan kontrol (92%) pada akhir masa penyimpanan. Ketegasan cabai secara signifikan menurun dengan waktu penyimpanan untuk semua perlakuan. Pada hari akhir penyimpanan yaitu ke-33, cabai kontrol menunjukkan ketegasan terendah (1,2 N) di ikuti oleh cabai yang dilapisi dengan 5% GA (1,9 N), 0,1% CM (6,5 N), 5% PP (8,3 N) dan perlakuan kombinasi (11,7 N). Susut bobot yang tinggi pada kontrol dan 5% GA cabai disebabkan karena *coating* tidak cukup untuk memberikan penghalang yang

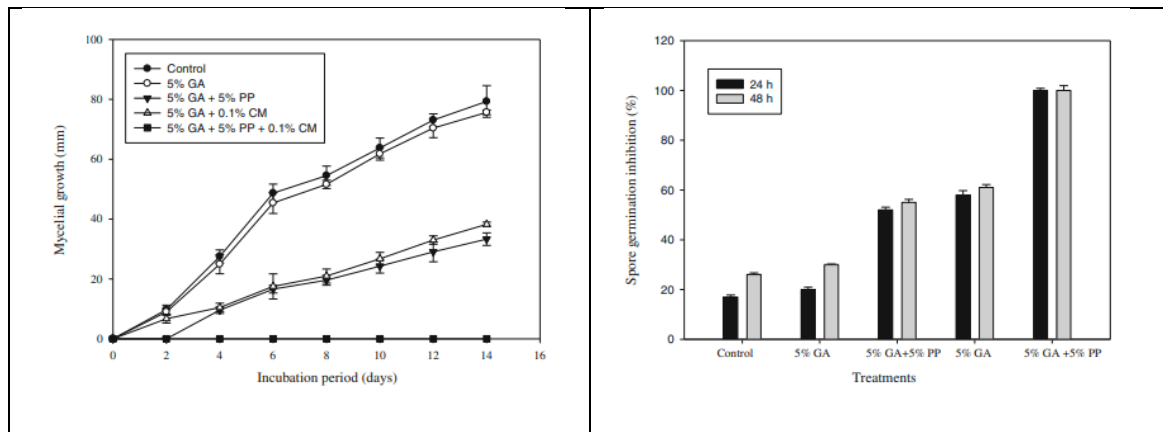
memadai terhadap hilangnya kelembaban karena cedera infeksi patogen dan transpirasi cabai.

Perubahan ketegasan disebabkan oleh kehilangan air karena transpirasi. Selain itu, mikroba pembusuk juga menghasilkan enzim pektolitik sehingga infeksi tersebut mampu mempercepat pelunakan cabai. Sebaliknya, lapisan gabungan PP dan CM lebih tebal daripada kontrol yang seluruhnya menutupi permukaan cabai, menghambat hilangnya kelembaban dan mempertahankan kekencangan. Hasilnya sesuai dengan temuan Ben-Yehoshua (1969) yang menemukan bahwa lapisan lilin pada jeruk mampu memperpanjang umur simpan buah melalui pengurangan kehilangan air dan perubahan atmosfer internal.

Warna adalah komponen penting dari kualitas dan penerimaan pengguna akhir. Degradasi pigmen terjadi pada cabai merah, pigmen likopen merah terdegradasi sementara antosianin secara bersamaan disintesis selama pemasakan. Hasil pengamatan *lightness* (L^*) (data tidak ditampilkan) dan *hue angle* (h°) secara progresif meningkat selama penyimpanan pada semua perlakuan. Peningkatan tertinggi terlihat pada kontrol diikuti oleh 5 % GA, 0,1 % CM, 5 % PP dan kombinasi perlakuan PP dan CM yang secara konstan mempertahankan *lightness* dan *hue angle* pada akhir penyimpanan. Sebaliknya, kroma (C^*) umumnya menurun selama penyimpanan pada semua perlakuan (data tidak ditampilkan). Penurunan maksimum diamati pada kontrol diikuti oleh 5 % GA, 0,1 % CM, 5 % PP dan kombinasi perlakuan PP dan CM yang mempertahankan nilai C^* aslinya sampai akhir penyimpanan.

Ada peningkatan progresif dalam total padatan terlarut selama penyimpanan. Total padatan terlarut jauh lebih tinggi pada kontrol (10,5 %) diikuti GA (10,3 %), CM (6,8 %), PP (6,5 %) dan perlakuan kombinasi PP dan CM (4,6 %). Umumnya total padatan terlarut akan meningkat secara bertahap selama masa penyimpanan. Dapat diasumsikan bahwa total padatan terlarut naik selama pemasakan dan turun diatur dalam buah matang karena respirasi. Penyimpangan yang lebih tinggi, total padatan terlarut pasti muncul pada buah-buahan yang mengalami kehilangan air terbesar. Peningkatan total padatan terlarut dapat disumbangkan oleh solubilisasi hemiselulosa dinding sel dan poliuronida dalam buah matang (Hernández-Munoz *et al.*, 2008).

Edible coating kombinasi pati Suweg dan minyak atsiri sereh yang diaplikasikan sebagai pelapis cabai merah keriting perlu diteliti lanjut untuk mengetahui efeknya. Kombinasi bahan tersebut belum pernah dikembangkan dan potensial untuk dikembangkan karena beberapa penelitian terkait *edible coating* kombinasi minyak atsiri pada cabai merah terbukti efektif menghambat mikroba. Ali *et al.*, (2014) melaporkan bahwa *edible coating* kombinasi PP, GA, dan CM memiliki efek antijamur *in vitro* terbesar terhadap *C. capsici*, hal ini disebabkan oleh komponen aktif CM yaitu *sinemaldehida* yang dapat mengganggu situs biologis, transfer elektron dalam produksi ATP dan mampu berikatan dengan senyawa yang mengandung nitrogen seperti protein dan asam nukleat. Propolis juga memiliki sifat antijamur yang sangat kuat sehingga PP dan CM bersinergi memberikan penghalang yang efektif dalam membatasi pertumbuhan miselia dan germinasi spora *C. capsici* sehingga tidak mampu mengambil nutrisi dari PDA. Efek *edible coating* berbasis gom arab (GA) dengan penambahan *essential oil* kayu manis (CM) dan ekstrak propolis (PP) pada kualitas cabai merah dapat dilihat sebagaimana gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh perlakuan berbeda pada cabai terhadap pertumbuhan miselium *Collectotrichum capsici* selama 14 hari masa inkubasi (kiri) dan penghambatan germinasi spora (%) dari *C. capsici* lebih dari 24 dan 48 jam (kanan) (Ali *et al.*, 2014).

PP, CM, dan kombinasi keduanya juga menunjukkan perbedaan yang signifikan efek fungisida lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Meskipun cabai yang diberi *coating* dengan PP dan CM saja pada hari ke 33 terinfeksi antraknosa, tetapi gejala penyakit tersebut secara signifikan lebih ringan dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, tidak ada perbedaan signifikan yang diamati antara kontrol dan GA 5%. Hal ini didukung oleh penelitian yang melibatkan penerapan lapisan edible komposit pada pepaya yang dilakukan oleh Maqbool *et al.* (2011) dengan 10% GA, 0,4% CM dan 0,5% minyak serai menunjukkan efek fungisida terhadap *C. gloeosporioides*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi perlakuan dapat menawarkan efek fungisida sinergis lebih lanjut dibandingkan dengan penggunaan satu jenis pelapis yang dapat dimakan saja.

Demikian, penelitian Ali *et al.*, (2014) menunjukkan bahwa kombinasi edible coating dengan PP dan CM paling efektif melawan *C.capsici* dalam menghambat pertumbuhan miselia dan germinasi spora. Studi *in vivo* juga mengungkapkan bahwa pengobatan kombinasi PP dengan CM menunjukkan kejadian dan keparahan penyakit yang lebih rendah serta keterlambatan yang signifikan dalam susut bobot, kekencangan, warna kulit dan konsentrasi padatan terlarut dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa 5 % PP dikombinasikan dengan 0,1 % CM yang dimasukkan ke dalam lapisan dasar GA 5 % dapat digunakan sebagai fungisida ramah lingkungan yang efektif untuk memperpanjang umur simpan cabai dengan mengendalikan antraknosa cabai dan menunda proses pematangan.

3. Kesimpulan

Karakteristik dan komponen pati suweg dengan kadar amilosa cukup tinggi sangat potensial dikembangkan sebagai bahan pembuatan *edible coating*. *Edible coating* yang ditambahkan minyak atsiri serih memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan kualitas bahan pangan selama penyimpanan terutama dari segi mikrobiologi, karena minyak atsiri serih bersifat antimikroba. Kombinasi pati suweg dan minyak atsiri serih berpotensi dikembangkan sebagai *edible coating* karena penelitian sebelumnya terkait kombinasi pati dan minyak atsiri mampu menghasilkan stabilitas bahan

pangan lebih baik, karena fungsi *edible coating* diperkuat oleh komponen aktif antimikroba. Selain itu, belum ada penelitian lanjutan terkait efek *edible coating* kombinasi pati suweg dan minyak atsiri sereh, sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut efek *edible coating* kombinasi keduanya terutama pada komoditas cabai merah keriting.

Ucapan Terima Kasih

Saya Nurul Niswatin Sholekhah selaku penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Riski Ayu Anggreini, S.TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing dalam penulisan artikel ini. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Daftar Pustaka

- Adukwu, E. C., Bowles, M., Edwards-Jones, V., & Bone, H. (2016a). Antimicrobial activity, cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and pure citral. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(22), 9619–9627. <https://doi.org/10.1007/s00253-016-7807-y>
- Ali, A., Chow, W. L., Zahid, N., & Ong, M. K. (2014). Efficacy of Propolis and Cinnamon Oil Coating in Controlling Post-Harvest Anthracnose and Quality of Chilli (*Capsicum annum* L.) during Cold Storage. *Food and Bioprocess Technology*, 7(9), 2742–2748. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1237-y>
- Alkaabi, S., Sobti, B., Mudgil, P., Hasan, F., Ali, A., & Nazir, A. (2022). Lemongrass essential oil and aloe vera gel based antimicrobial coatings for date fruits. *Applied Food Research*, 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100127>
- Anggarini, D., Hidayat, N., & Febrianto Mulyadi, A. (2016). Pemanfaatan Pati Ganyong Sebagai Bahan Baku *Edible coating* dan Aplikasinya pada Penyimpanan Buah Apel Anna (*Malus sylvestris*) (Kajian Konsentrasi Pati Ganyong dan Gliserol) Canna Edulis Starch as the Raw Material of *Edible coating* and It's Application on the Storage of Anna Apples (*Malus sylvestris*) (The Study of Canna Edulis Starch and Glycerol Concentrate). *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 5(1), 1–8.
- Ansil, P. N. (2022a). *Amorphophallus paeoniifolius*: A Vital Medicinal Tuber. In *Research Trends in Medicinal Plant Sciences* (pp. 15–42). AkiNik Publications. <https://doi.org/10.22271/ed.book.1863>
- Ansil, P. N. (2022b). *Amorphophallus paeoniifolius*: A Vital Medicinal Tuber. In *Akinik Publications* (Vol. 13, Issue 2, pp. 13–42). Universidade Federal de Santa Maria. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180140>
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H. M., Tan, C. P., & Mohd Adzahan, N. (2014). Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based *edible coating* for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.09.004>
- Barua, S., Tudu, K., Rakshit, M., & Srivastav, P. P. (2021). Characterization and digestogram modeling of modified elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch using ultrasonic pretreated autoclaving. *Journal of Food Process Engineering*, 44(11). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13841>
- Batista, de V. S., Reis, R. C., Almeida, J. M., Rezende, B., Braganca, C. A. D., & da Silva, F. (2020). *Edible coatings* in post-harvest papaya: impact on physical–chemical and sensory characteristics. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1), 274–281. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-04057-1>

- Dong, L. M., & Thuy, D. T. K. (2019). Evaluation of the synergistic effect of ethanol and lemongrass oil against *Aspergillus niger*. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 8(6), 1312–1316. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.8.6.1312-1316>
- El-Kased, R. F., & El-Kersh, D. M. (2022). GC–MS Profiling of Naturally Extracted Essential Oils: Antimicrobial and Beverage Preservative Actions. *Life*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/life12101587>
- Estiasih, T., Putri, W. D. R., & Waziroh, E. (2017). *Umbi-Umbian dan Pengolahannya: Vol. 15,5 x 23,5 cm* (Tim UB Press, Ed.; Pertama). UB Press.
- Fraňková, A., Marounek, M., Mozrová, V., Weber, J., Klouček, P., & Lukešová, D. (2014). Antibacterial activities of plant-derived compounds and essential oils toward *Cronobacter sakazakii* and *Cronobacter malonaticus*. *Foodborne Pathogens and Disease*, 11(10), 795–797. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1737>
- Garcia, N. L., Ribba, L., Dufresne, A., Aranguren, M., & Goyanes, S. (2011). Effect of glycerol on the morphology of nanocomposites made from thermoplastic starch and starch nanocrystals. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 203–210. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.11.024>
- Hamzah, H. M., Osman, A., Tan, C. P., & Mohamad Ghazali, F. (2013). Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Postharvest Biology and Technology*, 75, 142–146. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.08.012>
- Henra, Johannes, E., & Haedar, N. (2023). *Edible coating* Berbasis Pati Singkong dengan Penambahan Ekstrak Jahe Merah sebagai Antijamur untuk Memperpanjang Umur Simpan Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Biologi Makassar*, 8(2), 39–50.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi Kayu di Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Laga, S., Sutanto, S., Fatmawati, F., Halik, Abd., & Sheyoputri, A. C. A. (2021). Penggunaan *Edible coating* Dalam Pengawatan Buah Kelengkeng *Dimocarpus longan* Lour. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 21(2), 374–382. <https://doi.org/10.35965/eco.v21i2.1126>
- Lamona, A., Purwanto, Y. A., & Sutrisno, S. (2015). Effect of Different Packaging and Low Temperature Storage on the Quality Changes of Fresh Red Curly Chili. *Jurnal Keteknik Pertanian*, 03(2), 1–8. <https://doi.org/10.19028/jtep.03.2.145-152>
- Lin, D., & Zhao, Y. (2007). Development and Application of *Edible coatings* for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables. *Food Science and Food Safety*, 6(3), 60–75.
- Masniyom, P., Benjama, O., & Maneesri, J. (2012). Effect of turmeric and lemongrass essential oils and their mixture on quality changes of refrigerated green mussel (*Perna viridis*). *International Journal of Food Science and Technology*, 47(5), 1079–1085. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02944.x>
- Mukarram, M., Khan, M. M. A., Zehra, A., Choudhary, S., Naeem, M., & Aftab, T. (2021). Biosynthesis of Lemongrass Essential Oil and the Underlying Mechanism for Its Insecticidal Activity. In *Medicinal and Aromatic Plants* (pp. 429–443). Springer.
- Nagar, M., Sharanagat, V. S., Kumar, Y., Singh, L., & Mani, S. (2019). Influence of xanthan and agar-agar on thermo-functional, morphological, pasting and rheological properties of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 831–838. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.133>

- Nair, M. S., Saxena, A., & Kaur, C. (2018). Characterization and Antifungal Activity of Pomegranate Peel Extract and its Use in Polysaccharide-Based *Edible coatings* to Extend the Shelf-Life of Capsicum (*Capsicum annum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 11(7), 1317–1327. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2101-x>
- Nguefack, J., Tamgue, O., Dongmo, J. B. L., Dakole, C. D., Leth, V., Vismer, H. F., Amvam Zollo, P. H., & Nkengfack, A. E. (2012). Synergistic action between fractions of essential oils from *Cymbopogon citratus*, *Ocimum gratissimum* and *Thymus vulgaris* against *Penicillium expansum*. *Food Control*, 23(2), 377–383. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2011.08.002>
- Ortega-Ramirez, L. A., Gutiérrez-Pacheco, M. M., Vargas-Arispuro, I., González-Aguilar, G. A., Martínez-Téllez, M. A., & Fernando Ayala-Zavala, J. (2020). Inhibition of glucosyltransferase activity and glucan production as an antibiofilm mechanism of lemongrass essential oil against *Escherichia coli* O157:H7. *Antibiotics*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/antibiotics9030102>
- Oz, A. T., & Ulukanli, Z. (2012). Application of edible starch-based coating including glycerol plus oleum *Nigella* on arils from long-stored whole pomegranate fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 36(1), 81–95. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00599.x>
- Pramesti, H. A., Siadi, K., & Cahyono, E. (2015). Analisis Rasio Kadar Amilosa-Amilopektin dalam Amilum dari Beberapa Jenis Umbi. *J. Chem. Sci*, 4(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Rahman, S. (2018). *Teknologi Pengolahan Tepung Dan Pati Biji-Bijian Berbasis Tanaman Kayu: Vol. 15,5x23 cm* (D. Novidiantoko & N. F. Subekti, Eds.; Pertama). Deepublish.
- Ranade, S. S., & Thiagarajan, P. (2015). Lemon grass. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res*, 35(2), 162–167. <https://www.researchgate.net/publication/290390651>
- Reddy, C. K., Suriya, M., Vidya, P. V., Vijina, K., & Haripriya, S. (2015). Effect of γ -irradiation on structure and physico-chemical properties of *Amorphophallus paeoniifolius* starch. *International Journal of Biological Macromolecules*, 79, 309–315. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.05.003>
- Richana, N., & Sunarti, T. C. (2004). Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 1(1), 29–37.
- Rodrigues, L., Coelho, E., Madeira, R., Teixeira, P., Henriques, I., & Coimbra, M. A. (2022). Food Ingredients Derived from Lemongrass Byproduct Hydrodistillation: Essential Oil, Hydrolate, and Decoction. *Molecules*, 27(8). <https://doi.org/10.3390/molecules27082493>
- Safitri, E. L. D., Warkoyo, & Anggriani, R. (2020). Kajian Karakteristik Fisik dan Mekanik Edible Film Berbasis Pati Umbi Suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*) dengan Variasi Konsentrasi Lilin Lebah. *Food Technology and Halal Science Journal*, 3(1), 57–70. <https://doi.org/10.22219/fths.v3i1>
- Sahal, G., Woerdenbag, H. J., Hinrichs, W. L. J., Visser, A., Tepper, P. G., Quax, W. J., van der Mei, H. C., & Bilkay, I. S. (2020). Antifungal and biofilm inhibitory effect of *Cymbopogon citratus* (lemongrass) essential oil on biofilm forming by *Candida tropicalis* isolates; an in vitro study. *Journal of Ethnopharmacology*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112188>

- Schweitzer, B., Balázs, V. L., Molnár, S., Szögi-Tatár, B., Böszörményi, A., Palkovics, T., Horváth, G., & Schneider, G. (2022). Antibacterial Effect of Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) against the Aetiological Agents of Pitted Keratolysis. *Molecules*, 27(4). <https://doi.org/10.3390/molecules27041423>
- Sembara, E. L., Yurnalis, & Salihat, R. A. (2021). Aplikasi *Edible coating* Pati Talas dengan Gliserol sebagai Plasticizer pada Penyimpanan Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Journal of Scientech Research and Development*, 3(2), 134–145. <http://idm.or.id/JSCR>
- Silva, N. B., Lucena Rangel, M. De, De Castro, R. D., De Lima, J. M., Cançado Castellano, L. R., Gondim Valença, A. M., & Cavalcanti, A. L. (2019). Anti-biofilm and hemolytic effects of *cymbopogon citratus* (dc) stapf essential oil. *Pesquisa Brasileira Em Odontopediatria e Clinica Integrada*, 19(1). <https://doi.org/10.4034/PBOCI.2019.191.103>
- Srichuwong, S., Isono, N., Jiang, H., Mishima, T., & Hisamatsu, M. (2012). Freeze-thaw stability of starches from different botanical sources: Correlation with structural features. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 1275–1279. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.09.004>
- Sukhija, S., Singh, S., & Riar, C. S. (2016). Effect of oxidation, cross-linking and dual modification on physicochemical, crystallinity, morphological, pasting and thermal characteristics of elephant foot yam (*Amorphophallus paeoniifolius*) starch. *Food Hydrocolloids*, 55, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.003>
- Tako, M., Tamaki, Y., Teruya, T., & Takeda, Y. (2014). The Principles of Starch Gelatinization and Retrogradation. *Food and Nutrition Sciences*, 05(03), 280–291. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.53035>
- Tesfay, S. Z., & Magwaza, L. S. (2017). Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as *edible coatings* for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 11, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.12.001>
- Tetelepta, G., Picauly, P., Polnaya, F. J., Breemer, R., & Augustyn, G. H. (2019). Pengaruh *Edible coating* Jenis Pati Terhadap Mutu Buah Tomat Selama Penyimpanan. *AGRITEKNO, Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), 29–33. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.1.29>
- Tzia, C., Giannou, V., Lebesi, D., & Cranioti, C. (2012). *Chemistry and Functional Properties of Carbohydrates and Sugars (Monosaccharides, Disaccharides, and Polysaccharides)* (pp. xi–45). CRC Press.
- Usni, A., Karo-Karo, T., Yusraini, E., Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, P., Pertaanian USU Jl Sofyan No, F. A., & Kampus USU Medan, M. (2016). Pengaruh *Edible coating* Berbasis Pati Kulit Ubi Kayu terhadap Kualitas dan Umur Simpan Buah Jambu Biji Merah pada Suhu Kamar. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 4(3), 293–303.
- Yadav, A., Kumar, N., Upadhyay, A., Singh, A., Anurag, R. K., & Pandiselvam, R. (2022). Effect of mango kernel seed starch-based active *edible coating* functionalized with lemongrass essential oil on the shelf-life of guava fruit. *Quality Assurance and Safety of Crops and Foods*, 14(3), 103–115. <https://doi.org/10.15586/qas.v14i3.1094>
- Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2015). Psyllium (*Plantago*) Gum as an Effective *Edible coating* to Improve Quality and Shelf Life of Fresh-cut Papaya (*Carica papaya*). *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 9(7), 702–707. <https://www.researchgate.net/publication/280918110>

- Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2017). Flaxseed Gum in Combination with Lemongrass essential oil as an Effective *Edible coating* for Ready to Eat Pomegranate Arils. *International Journal of Biological Macromolecules*, *104*, 1030–1038.
- Yu, X., Chen, L., Jin, Z., & Jiao, A. (2021). Research progress of starch-based biodegradable materials: a review. In *Journal of Materials Science* (Vol. 56, Issue 19, pp. 11187–11208). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10853-021-06063-1>