

KARAKTERISTIK *EDIBLE FILM* DARI BAHAN HIDROKOLOID

CHARACTERISTICS OF EDIBLE FILM FROM HYDROCOLLOID MATERIALS

Angelina

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

foodtech.angelina.a.20@ukwms.ac.id

Abstrak

Edible film merupakan kemasan bahan pangan yang terbuat dari bahan hidrokoloid yang dapat dimakan. Bahan pembuatan edible film sangat mempengaruhi ketebalan, laju transmisi uap air (WVTR), kuat tarik, dan juga elongasi. Syarat-syarat edible film ini merupakan faktor yang penting karena kemasan edible film digunakan sebagai pelindung produk makanan dari kerusakan mekanis maupun kerusakan biokimia. Tujuan dari mini review ini adalah untuk mengkaji berbagai informasi mengenai bahan hidrokoloid yang paling baik untuk dijadikan dalam pembuatan edible film. Ketebalan edible film akan memengaruhi kekuatan tarik dan elongasinya. Semakin rendah nilai WVTR, kualitas edible film akan meningkat. Selain itu, semakin besar nilai kuat tarik dan juga elongasi suatu film akan semakin baik kualitas edible film tersebut. Gelatin kulit ayam, gelatin tulang ikan patin, gelatin kulit babi, pati tapioka, dan pati jagung merupakan bahan yang baik untuk digunakan dalam pembuatan edible film. Selain itu, edible film dari pati tapioka memiliki kuat tarik dan elongasi paling baik.

Kata kunci: Edible film, Hidrokoloid, Gelatin, Rumput laut, Pati

Abstract

Edible film is food packaging made of edible hydrocolloid material. The material for making edible films greatly affects the thickness, water vapor transmission rate (WVTR), tensile strength, and also elongation. These edible film requirements are important because edible film packaging is used to protect food products from mechanical damage and biochemical damage. The purpose of this mini review is to discuss various potential hydrocolloid materials used in manufacturing edible films. The thickness of the edible film will affect the tensile strength and elongation. The lower the WVTR value, the quality of the edible film will increase. In addition, the greater the tensile strength and elongation of a film, the better the quality of the edible film. Chicken skin gelatin, catfish bone gelatin, pork skin gelatin, tapioca starch, and corn starch are good materials to use in making edible films. In addition, the edible film from tapioca starch has the best tensile strength and elongation.

Keywords: Edible film, Hydrocolloid, Gelatin, Seaweed, Starch

PENDAHULUAN

Kemasan merupakan bagian yang penting dalam suatu produk makanan. Kemasan memiliki fungsi utama sebagai pelindung produk makanan dari kerusakan mekanis maupun kerusakan biokimia. Selain itu, kemasan juga berfungsi sebagai media pemasaran (Zhao et al., 2022). Kemasan pangan harus sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan, memiliki harga yang murah, dapat melindungi makanan dari kontaminasi lingkungan luar, dan mudah diproses. (Guzman-puyol et al., 2022). Salah satu

kemasan yang paling banyak digunakan oleh produsen makanan adalah plastik. Hal ini dikarenakan plastik memiliki sifat fleksibel, berharga murah, daya tahan yang kuat, dan transparan (Nemat et al., 2022). Tingginya pemakaian plastik sebagai bahan pengemas pangan dan sifat plastik yang sulit diuraikan menimbulkan tumpukan limbah. Limbah plastik ini menyebabkan kerusakan lingkungan (Schmaltz et al., 2020). Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan kemasan alternatif pengganti plastik.

Edible film merupakan suatu kemasan yang terbuat dari berbagai macam bahan hidrokoloid, dapat dikonsumsi, dan memiliki fungsi seperti kemasan plastik (Semwal et al., 2022). *Edible film* memiliki peran untuk menghilangkan kelembaban, mengurangi tingkat reaksi kimia yang merugikan, dan keamanan berbagai makanan olahan serta makanan segar (Wang et al., 2022). Berbagai bahan hidrokoloid memiliki sifat mengikat air seperti gelatin, agar, rumput laut, atau pati sehingga dapat dipergunakan untuk pembuatan *edible film*. Bahan hidrokoloid memiliki karakteristik yang berbeda-beda, seperti sifat fungsional, viskositas, stabilisasi, dan pembentukan gel (Lastra-Ripoll et al., 2022). Pembuatan *edible film* akan melalui proses pencampuran bahan hidrokoloid dengan pelarut, pemanasan, pencetakan, dan pengeringan (Rahmawati et al., 2022).

Bahan hidrokoloid seperti gelatin yang diperoleh dengan denaturasi dan hidrolisis kolagen banyak digunakan dalam pembuatan *edible film* karena kemampuan pembentukan gel, titik leleh yang rendah, dan biodegradabilitas (Wu et al., 2017). *Edible film* dengan kapasitas pembengkakan yang tinggi menunjukkan *edible film* memiliki kemampuan untuk menahan kadar air dan mempertahankan integritasnya dalam kondisi stres, seperti melindungi makanan dalam kondisi lingkungan yang lembab. Selain itu, aktivitas air dan kelarutan *edible film* juga memengaruhi umur simpan produk makanan, sehingga bahan hidrokoloid yang digunakan harus memenuhi karakteristik *edible film* yang sesuai dengan fungsi sebagai pengemas produk pangan (Shrotri & Saini, 2022). Maka dari itu, penulisan karya ilmiah ini bertujuan untuk mengkaji berbagai informasi mengenai bahan hidrokoloid yang dapat menjadi bahan utama *edible film*.

PATI

Pati dianggap sebagai salah satu polimer *biodegradable* yang paling penting karena mudah didapat dengan harga terjangkau. Rasio amilosa terhadap amilopektin sangat penting dalam kualitas fisik *film* pati yang dihasilkan. Proporsi amilosa yang lebih tinggi menghasilkan *film* yang lebih kaku dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi dan uap air yang lebih rendah atau transmisi oksigen. Selain itu, gelatinisasi pati merupakan sifat penting dalam pembuatan *edible film* (Zhu et al., 2022). Pati dapat diperoleh dari hasil pertanian, seperti kentang, jagung, gandum, tapioka, dan singkong (Kowalczyk et al., 2021).

Secara umum, *film* dari pati memiliki sifat penghalang yang baik terhadap oksigen, karbon dioksida (CO₂) dan lipid. Pada *film* berbahan dasar pati memiliki sifat mekanik dan kekuatan tarik lebih rendah dan permeabilitas uap air yang lebih tinggi dibanding dengan *film* konvensional lainnya. Permeabilitas uap air yang tinggi dari *film* pati telah digunakan sebagai faktor pembatas untuk aplikasi sebagai bahan kemasan (Tavares et al., 2020). *Film* berbasis pati dapat dikembangkan untuk kemasan makanan dan pengawetan karena kemampuan pembentukan *film* yang sangat baik, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna (Zhu et al., 2022).

GELATIN

Gelatin merupakan bahan pangan yang sering digunakan pada industri pangan. Fungsi gelatin pada industri pangan sebagai *stabilizer*, pembentuk gel, dan pengemulsi. Proses pembuatan gelatin dengan hidrolisis parsial kolagen, di mana bahan baku diproses menggunakan asam atau basa encer untuk memutuskan ikatan silang. Struktur *triple helix* kolagen yang runtuh akan membentuk gelatin dengan perlakuan pemanasan (Wardhani et al., 2017). Sifat unik lain dari gelatin adalah

kemampuannya untuk berubah secara reversibel dari sol menjadi gel dan sebaliknya serta dapat mengembang bahkan dalam air dingin (Nurilmala et al., 2022). Gelatin dapat berasal dari kulit (sapi atau mamalia kecil), tulang (sapi atau babi), dan ikan (tulang, sisik, atau kulit) (Freeman et al., 2021).

Kekuatan gel, viskositas, pengaturan sifat, dan pencernaan gelatin bergantung pada berat molekul dan komposisi asam amino. Asam amino prolin dan hidroksiprolin penting dalam denaturasi gelatin selama pembentukan gel, sehingga gelatin dengan tinggi kadar asam amino cenderung memiliki kekuatan gel dan viskositas yang lebih tinggi, tetapi pencernaan yang lebih rendah. Komposisi asam amino gelatin tergantung pada spesies sumber molekulnya. Selama konversi kolagen menjadi gelatin, ikatan antar dan intra molekul yang menghubungkan ikatan rantai gen dan juga beberapa ikatan peptida terputus. Semakin lama proses ekstraksinya akan semakin besar tingkat hidrolisis ikatan peptida, sehingga proporsi peptida dengan berat molekul rendah akan lebih tinggi. Gelatin yang diekstraksi dari kulit sapi mengandung hampir 75%-85% protein kasar dengan keseimbangan asam amino yang baik dengan asam amino metionin dan lisin (Khalaji et al., 2016). Selain itu, kapasitas menahan air gelatin juga dipengaruhi oleh jumlah asam amino hidrofilik dengan adanya jumlah pori dan rongga dalam struktur gelatin (Abdelmalek et al., 2016).

RUMPUT LAUT

Rumput laut adalah anggota dari kelompok alga dengan berbagai ukuran, baik dari sel tunggal mikroskopis hingga beberapa tanaman besar. Rumput laut termasuk dalam famili *Chlorophyceae* (hijau), *Rhodophyceae* (merah), dan *Phaeophyceae* (coklat). Warna hijau pada alga hijau disebabkan karena adanya kandungan klorofil. Pigmen coklat pada *Phaeophytes* disebabkan

oleh dominasi xantofil dan fukosantin dan warna merah di *Rhodophytes* disebabkan oleh fikoeritrin (Raj et al., 2018). Rumput laut dibudidayakan sebagai bahan hidrokoloid, seperti alginat, agar, dan karagenan (Gregersen et al., 2021). Rumput laut menghasilkan hidrokoloid, yang berasosiasi dengan sel dinding dan ruang antar sel. Anggota ganggang merah (*Rhodophyta*) menghasilkan galaktan (misalnya karagenan dan agar) dan ganggang coklat (*Ochrophyta, Phaeophyceae*) menghasilkan uronates (alginat) (Raj et al., 2018). Polisakarida yang diekstraksi dari alga membentuk hidrogel melalui ikatan silang fisik, yaitu ikatan nonkovalen yang hanya bergantung pada interaksi lemah seperti ikatan hidrogen (Beaumont et al., 2021).

Film biodegradable dari rumput laut memiliki sifat yang transparan, tidak beracun, larut dalam air, dan fleksibel, serta memiliki sifat mekanik yang baik sebagai bahan pengemas pada industri makanan. Selain itu, *film biodegradable* dari rumput laut lebih ramah lingkungan (Hidayati et al., 2021). Rumput laut mengandung komponen selulosa, laminarin, dan fucoidans. Selulosa memiliki potensi tinggi untuk pengembangan kemasan makanan *bio-based* dan telah banyak digunakan sebagai pengisi untuk meningkatkan sifat biopolimer lainnya karena sifat ketahanan dan kekakuan yang tinggi (Cebrián-Lloret et al., 2022).

PARAMETER KUALITAS *EDIBLE FILM*

Pada pembuatan *edible film* perlu memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi sifat *edible film* yang dihasilkan. Faktor tersebut akan mempengaruhi kekuatan *edible film* dalam fungsi pengemasan bahan pangan. Standar pembuatan *edible film* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar pembuatan *edible film*

Parameter	Nilai
Ketebalan	<0,25 mm
Kuat tarik	Min 0,39 MPa
	<10% buruk
Elongasi	10-50% baik
	>50% sangat baik
Laju transmisi uap air (WVTR)	<7g/m ² /jam

Sumber : (JIS, 2017)

Ketebalan

Ketebalan merupakan parameter yang digunakan untuk menghitung sifat mekanik sebuah *edible film* (Govindaswamy et al., 2018). Ketebalan suatu *edible film* merupakan parameter yang penting dikarenakan ketebalan *edible film* akan mempengaruhi kekuatan tarik dan elongasinya (Ningrum et al., 2020). Selain itu, ketebalan *edible film* juga akan memengaruhi transparansi *edible film* tersebut. Semakin tebal *edible film*, maka akan semakin buram *film* yang dihasilkan. Transparansi suatu *film* akan sebanding dengan ketebalan dan konsentrasinya. Transparansi juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain pengadukan, ukuran partikel, dan jumlah komponen (Wulandari et al., 2019). *Edible film* yang transparan yang memungkinkan visibilitas produk merupakan tren dan persyaratan umum dalam kemasan film (Siah et al., 2015). Perbedaan ketebalan masing-masing bahan penyusun *edible film* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data ketebalan berbagai bahan *edible film*

Bahan	Ketebalan	Sumber
Gelatin	Kulit ayam	0,112 – 0,128 mm (Sompie et al., 2018)
	Tulang ikan patin	0,084-0,123 mm (Santoso & Atma, 2020)

	Kulit babi	0,133 – 0,226 mm	(Sompie et al., 2014)
	Black Kingfish	-	-
Rumput Laut	Coklat	0,0606 – 0,0625 mm	(Govindaswamy et al., 2018)
Pati	Tapioka		
	Sagu	0,1133 mm	(Ningrum et al., 2020)
	Ubi Ungu	0,160 mm	(Wulandari et al., 2019)
	Jagung	0.0840 mm	(Aisyah et al., 2018)

Dari hasil perbandingan ketebalan masing-masing bahan penyusun *edible film*, semua bahan sesuai dengan standar ketebalan JIS (2017) selain gelatin black kingfish karena tidak diketahui ketebalan *film*nya.

Laju Transmisi Uap Air

Pada *edible film*, kemampuan terhadap permeabilitas uap air menjadi faktor yang penting, seperti kemampuan menghambat pertukaran uap air antara produk dan lingkungan dan rentan efek kelembaban pada sifat mekaniknya. Selain itu, faktor ini juga menjadi penentu apakah *film* berpotensi berlaku sebagai kemasan makanan atau sebagai *film* untuk pelapis (Tavares et al., 2020). Evaluasi laju transmisi uap air (WVTR) dilakukan untuk menentukan permeabilitas air dari *film*. Kualitas *edible film* akan meningkat seiring dengan penurunan WVTR. Hal ini dikarenakan *edible film* dengan WVTR yang rendah tidak mudah menyerap air. WVTR dari *edible film* sangat dipengaruhi oleh sifat polimer yang digunakan, semakin hidrofilik dan kationik polimer, maka akan semakin tinggi WVTR *edible film* (Ningrum et al., 2020). Tingginya nilai transmisi uap air dipengaruhi oleh rasio bahan hidrofobik dan hidrofilik. Nilai laju

transmisi berbanding terbalik dengan nilai ketebalan. Semakin tebal *film* maka laju transmisi uap air akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan ketebalan merupakan jarak yang harus ditempuh oleh uap air untuk berdifusi melalui *film*, sehingga semakin tebal *film* maka jarak tempuh uap air akan semakin jauh dan membutuhkan waktu yang lama (Wulandari et al., 2019). Perbedaan laju transmisi uap air masing-masing bahan penyusun *edible film* dapat dilihat pada Tabel 3.

Dari hasil perbandingan WVTR masing-masing bahan penyusun *edible film*, semua bahan memiliki WVTR dimana $<7\text{g/m}^2/\text{hari}$ sesuai dengan standar WVTR JIS (2017).

Tabel 3. Data *water vapor transmission rate* berbagai bahan *edible film*

Bahan	WVTR	Sumber
Gelatin	Kulit ayam	6,20 – 6,23 g/m ² /jam (Sompie et al., 2018)
	Tulang ikan patin	1,07 - 1,60 g/m ² /jam (Santoso & Atma, 2020)
	Kulit babi	5,627 – 8,878 g/m ² /jam (Sompiel et al., 2014)
	Black Kingfish	-
Rumput Laut	Coklat	2,64 g/m ² /jam (Govindaswamy et al., 2018)
Pati	Tapioka	-
	Sagu	1,79 g/m ² /jam (Ningrum et al., 2020)
	Ubi Ungu	0,189 g/cm ² /jam (Wulandari et al., 2019)
	Jagung	-

Kekuatan Perenggangan

Kuat tarik pada *edible film* juga merupakan karakteristik komersial utama dari gelatin dan bervariasi sesuai dengan bahan penyusunnya (Tümerkan et al., 2019).

Pengujian kuat tarik pada *edible film* bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik *edible film* saat mengalami pembebanan, sedangkan pada uji elongasi memiliki tujuan untuk menentukan elongasi/elastisitas dari sebuah *edible film*. Semakin besar nilai kuat tarik dan juga elongasi suatu *film* akan semakin baik kualitas *edible film* tersebut. Ada beberapa faktor yang memengaruhi kekuatan tarik dan elongasi suatu *edible film*, yaitu ikatan antar molekul, kandungan amilosa, dan kandungan amilopektin bahan penyusun. Kandungan amilosa akan memengaruhi kekerasan atau kekuatan *edible film*, sementara kandungan amilopektin akan memengaruhi elastisitas *edible film*. (Ningrum et al., 2020). Elongasi/ elastisitas adalah pengukuran elastisitas *film* maksimum dalam panjang *film* sebelum putus (Shrotri & Saini, 2022). Kekuatan tarik *edible film* yang tinggi memberikan kekuatan pada *film*, sehingga memberikan perlindungan pada bahan *film* dalam kondisi stres (Shrotri & Saini, 2022).

Pada *edible film* dengan bahan penyusun pati, semakin tinggi nilai kuat tarik *edible film* akan dipengaruhi oleh penambahan pati. Matriks yang terbentuk akan semakin padat, sehingga daya yang diberikan untuk menarik *film* akan semakin besar. Semakin tinggi kekuatan tarik menunjukkan ketahanan terhadap kerusakan akibat regangan dan tekanan yang semakin besar, sehingga menghasilkan peningkatan kualitas fisik. Semakin tinggi konsentrasi pati, semakin tinggi kandungan amilosa dalam larutan *edible film*, karena semakin banyak jumlah polimer dalam pembentukan matriks, ikatan polimer menguat dan kekuatan tarik juga lebih besar (Wulandari et al., 2019). Perbedaan kuat tarik dan elongasi masing-masing bahan penyusun *edible film* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuat Tarik Berbagai Bahan *Edible Film*

Bahan	Kuat Tarik	Elongasi	Sumber
Kulit Ayam	6,1 – 7,0 MPa	52,210%	(Sompie & Triasih, 2018)
Tulang Ikan Patin	0,245 – 1,186 MPa	70 – 87,14%	(Santoso & Atma, 2020)
Kulit Babi	2,820 – 5,637 MPa	38,147 – 62,286%	(Sompie et al., 2014)
Black Kingfish Skin	9,53 MPa	-	(Killekar et al., 2017)
Coklat	6,82 MPa	17,90%	(Siah et al., 2015)
Tapioka	9,65 MPa	87,38%	(Zhu et al., 2022)
Sagu	6,8843 MPa	49,5081%	(Ningrum et al., 2020)
Ubi Ungu	0,170 MPa	0,088%	(Wulandari et al., 2019)
Jagung	4,98 – 5,92 MPa	69,44%	(Aisyah et al., 2018)

Dari hasil perbandingan kuat tarik masing-masing bahan penyusun *edible film*, semua bahan memiliki nilai kuat tarik >0,39 MPa (JIS, 2017) kecuali pati ubi ungu dengan kuat tarik 0,170 MPa. Pada hasil elongasi bahan gelatin kulit ayam, gelatin tulang ikan patin, gelatin kulit babi, pati tapioka, dan pati jagung termasuk dalam kategori sangat baik dimana nilai elongasi >50%. Pada bahan rumput laut coklat dan pati sagu termasuk dalam kategori baik karena dalam rentang 10-50%, sedangkan elongasi pada bahan pati ubi ungu termasuk dalam kategori kurang baik karena <10%.

KESIMPULAN

Edible film merupakan suatu kemasan pengganti plastik yang terbuat dari satu ataupun berbagai macam bahan hidrokoloid. Setiap bahan hidrokoloid menghasilkan sifat *edible film* yang berbeda-beda. *Edible film* yang baik harus sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan.

Hasil dari *mini review* ini, menunjukkan bahan-bahan hidrokoloid seperti gelatin kulit

ayam, gelatin tulang ikan patin, gelatin kulit babi, pati tapioka, dan pati jagung merupakan bahan yang baik untuk digunakan dalam pembuatan *edible film* serta menghasilkan kualitas *edible film* yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmalek, B. E., Gómez-Estaca, J., Sila, A., Martínez-Alvarez, O., Gómez-Guillén, M. C., Chaabouni-Ellouz, S., Ayadi, M. A., & Bougatef, A. (2016). Characteristics and functional properties of gelatin extracted from squid (*Loligo vulgaris*) skin. *Lwt-Food Science and Technology*, 65, 924–931. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.024>
- Aisyah, Y., Irwanda, L. P., Haryani, S., & Safriani, N. (2018). Characterization of corn starch-based edible film incorporated with nutmeg oil nanoemulsion. *The 7th AIC-ICMR on Sciences and Engineering*, 352, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/352/1/012050>
- Beaumont, M., Tran, R., Vera, G., Niedrist, D., Rousset, A., Pierre, R., Shastri, V. P., & Forget, A. (2021). Hydrogel-forming algae polysaccharides: From seaweed to biomedical applications. *Biomacromolecules*, 22(3), 1027–1052. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c01406>
- Cebrián-Lloret, V., Metz, M., Martínez-Abad, A., Knutsen, S. H., Ballance, S., López-Rubio, A., & Martínez-Sanz, M. (2022). Valorization of alginate-extracted seaweed biomass for the development of cellulose-based packaging films. *Algal Research*, 61, 1–14

- <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.10.2576>
- Freeman, A. A., Wan, D., & Bertolin, C. (2021). Examining the effect of indentation separation on the properties of proteinaceous adhesive films made bone gelatine. *Procedia Structural Integrity*, 33, 265–278. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.10.033>
- Govindaswamy, R., Robinson, J. S., Geevaretnam, J., & Pandurengan, P. (2018). Physico-functional and anti-oxidative properties of carp swim bladder gelatin and brown seaweed fucoidan based edible films. *Journal of Packaging Technology and Research*, 2(1), 77–89. <https://doi.org/10.1007/s41783-017-0024-z>
- Gregersen, S., Kongsted, A. S. H., Nielsen, R. B., Hansen, S. S., Lau, F. A., Rasmussen, J. B., Holdt, S. L., & Jacobsen, C. (2021). Enzymatic extraction improves intracellular protein recovery from the industrial carrageenan seaweed *Euचेuma denticulatum* revealed by quantitative, subcellular protein profiling: A High potential source of functional food ingredients. *Food Chemistry: X*, 12, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.10.0137>
- Guzman-puyol, S., Benítez, J. J., & Heredia-Guerrero, J. A. (2022). Transparency of polymeric food packaging materials. *Food Research International*, 161(July). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111792>
- Hidayati, S., Zulferiyenni, Maulidia, U., Satyajaya, W., & Hadi, S. (2021). Effect of glycerol concentration and carboxy methyl cellulose on biodegradable Film characteristics of seaweed waste. *Heliyon*, 7(8), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07799>
- JIS. (2017). Japanese Standards Association.
- Khalaji, S., Manafi, M., Olfati, Z., Hedyati, M., Latifi, M., & Veysi, A. (2016). Replacing soybean meal with gelatin extracted from cow skin and corn protein concentrate as a protein source in broiler diets. *Poultry Science*, 95(2), 287–297. <https://doi.org/10.3382/ps/pev330>
- Killekar, V. C., Koli, J. M., Pujari, K. H., & Pakhmode, P. K. (2017). Functional properties of gelatin extracted from skin of black kingfish (*Rachycentron canadus*) at 40 Degree C. *International Journal of Processing and Post Harvest Technology*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.15740/has/ijppht/8.1/1-9>
- Kowalczyk, D., Szymanowska, U., Skrzypek, T., Basiura-Cembala, M., Materska, M., & Łupina, K. (2021). Corn starch and methylcellulose edible films incorporated with fireweed (*Chamaenerion angustifolium* L.) Extract: Comparison of physicochemical and antioxidant properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 190, 969–977. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.079>
- Lastra-Ripoll, S. E., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2022). Chemical, technological, and rheological properties of hydrocolloids from sesame (*Sesamum indicum*) with potential. *Food Applications*, 15(10), 1–10.

- <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104146>
- Nemat, B., Razzaghi, M., Bolton, K., & Roustia, K. (2022). Design affordance of plastic food packaging for consumer sorting behavior. *Resources, Conservation and Recycling*, 177. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105949>
- Ningrum, R. S., Sondari, D., Amanda, P., Widyaningrum, B. A., Burhani, D., Akbar, F., & Sampora, Y. (2020). Properties of edible film from modified sago starch precipitated by butanol. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 21(4), 164–169. <https://doi.org/10.17146/jsmi.2020.21.4.6022>
- Nurilmala, M., Suryamarevita, H., Husein Hizbullah, H., Jacob, A. M., & Ochiai, Y. (2022). Fish skin as a biomaterial for halal collagen and gelatin. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 1100–1110. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.056>
- Rahmawati, S., Pathuddin, Nuryanti, S., Dia Afrianti Sangkota, V., Afadil, Anggraini, & Syawaliah, N. (2022). Characteristics and antioxidants of edible film from durian seeds (*Durio zibethinus*) with additions to rosella flower extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Materials Today: Proceedings*, 65, 3109–3115. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.07.162>
- Raj, T. S., Nishanthi, P., Suji, K. H. G., & Ann, H. (2018). Seaweed extract as a biostimulant and a pathogen controlling agent in plants. *International Journal of Tropical Agriculture*, 36(3), 563–580. <http://www.serialsjournals.com>
- Santoso, R. A., & Atma, Y. (2020). Physical properties of edible films from pangasius catfish bone gelatin-breadfruits starch with different formulations. *Indonesian Food Science & Technology Journal*, 3(2), 42–47. <https://doi.org/10.22437/ifstj.v3i2.949>
- Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschof, D., Somarelli, J. A., Virdin, J., & Dunphy-Daly, M. M. (2020). Plastic pollution solutions: Emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. *Environment International*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>
- Semwal, A., Ambatipudi, K., & Navani, N. K. (2022). Development and characterization of sodium caseinate based probiotic edible film with chia mucilage as a protectant for the safe delivery of probiotics in functional bakery. *Food Hydrocolloids for Health*, 2. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2022.100065>
- Shrotri, G. K., & Saini, C. S. (2022). Development of edible films from protein of Brewer's spent grain: Effect of pH and protein concentration on physical, mechanical and barrier properties of films. *Applied Food Research*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100043>
- Siah, W. M., Aminah, A., & Ishak, A. (2015). Edible films from seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). *International Food Research Journal*, 22(6), 2230–2236.
- Sompie, M., Surtijono, S. E., & Junus, C. (2018). The effect of native chicken legskin gelatin concentration On physical characteristics and molecular

- weight of edible film. *1st International Conference on Food and Agriculture*, 207(1), 1–6.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/207/1/012053>
- Sompie, M., & Triasih, A. (2018). Effect of extraction temperature on characteristics of chicken legskin gelatin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 102(1), 5–9.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/102/1/012089>
- Sompitel, M., Triatmojo, S., Pertiwiningrum, A., & Pranoto, Y. (2014). Characteristics of edible film from pigskin gelatin. *The 16th AAAP ANimal Science*, 11, 2648–2651.
<https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Tavares, K. M., Campos, A. de, Luchesi, B. R., Resende, A. A., Oliveira, J. E. de, & Marconcini, J. M. (2020). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on mechanical and water vapor barrier properties of corn starch films. *Carbohydrate Polymers*, 246, 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116521>
- Tümerkan, A., Tuğçe, E., Cansu, Ü., Boran, G., Regenstein, J. Mac, & Özoğul, F. (2019). Physiochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins. *Food Chemistry*, 287, 273–279.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.02.088>
- Wang, Y., Wang, J., Sun, Q., Xu, X., Li, M., & Xie, F. (2022). Hydroxypropyl methylcellulose hydrocolloid systems: effect of hydroxypropyl group content on the phase structure, rheological properties and film characteristics. *Food Chemistry*, 379, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.1332075>
- Wardhani, D. H., Rahmawati, E., Arifin, G. T., & Cahyono, H. (2017). Characteristics of demineralized gelatin from lizardfish (*Saurida* spp.) scales using NaOH-NaCl solution. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6(2), 132–142.
<https://doi.org/10.15294/jbat.v6i2.962>
- Wu, J., Sun, X., Guo, X., Ge, S., & Zhang, Q. (2017). Physicochemical properties, antimicrobial activity and oil release of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil. *Aquaculture and Fisheries*, 2(4), 185–192.
<https://doi.org/10.1016/j.aaf.2017.06.004>
- Wulandari, Y., Harini, N., & Warkoyo. (2019). Characterization of edible film from starch of taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) with addition of chitosan on dodol substituted seaweed (*Eucheuma cottonii* L.). *Food Technology and Halal Science Journal*, 1(1), 22–32.
<https://doi.org/10.22219/fths.v1i1.7544>
- Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9(July), <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340>
- Zhu, W., Zhang, D., Liu, X., Ma, T., He, J., Dong, Q., Din, Z., Zhou, J., Chen, L., Hu, Z., & Cai, J. (2022). Improving the hydrophobicity and mechanical properties of starch nanofibrous films by electrospinning and cross-linking for food packaging applications. *LWT*, 169(April), 1–10.