

PENAMBAHAN FRAKSI AMILOSA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIS EDIBLE FILM PATI TAPIOKA

Dewi Sondari¹, Wida Banar Kusumaningrum¹, Fazhar Akbar¹, Anna Muawanah³, Roy Zulfikar³, Sri Fahmiati², Yulianti Sampora², Rahmawati Putri¹

¹ Pusat Penelitian Biomaterial-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Bogor Km 46 Cibinong, Bogor Indonesia, 16911

² Pusat Penelitian Kimia-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Kawasan PUSPIPTEK Serpong-Tangerang Selatan, Banten Indonesia, 15314

³ Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Fakultas Sains dan teknologi, Jl Ir. H. Juanda No 95 Ciputat, Indonesia, 15412

E-mail : sondaridewi@gmail.com

Received : 8 April 2020; revised : 7 Mei 2020; accepted : 30 Juli 2020

ABSTRAK

PENAMBAHAN FRAKSI AMILOSA TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIS EDIBLE FILM PATI TAPIOKA. Pati banyak digunakan dalam industri pangan, salah satunya sebagai *edible film*. Kualitas *edible film* dipengaruhi oleh rasio amilosa dan amilopektin pada pati, yang dapat dihasilkan melalui proses fraksinasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi optimum dalam pembuatan *edible film* dari hasil fraksinasi amilosa pati tapioka. Pada proses fraksinasi dilakukan variasi konsentrasi butanol (10%, 12,5%, 15%). Analisis terhadap fraksi amilosa meliputi rendemen, kadar amilosa, kelarutan dan *swelling power*, kejernihan pasta serta *freeze thaw stability*. Identifikasi fraksi amilosa dan *edible film* tapioka alami dan hasil fraksinasi amilosa dilakukan menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*. Analisis *edible film* meliputi ketebalan, kuat tarik, elongasi serta sudut kontak. Fraksi amilosa hasil fraksinasi pati tapioka dengan pengaruh konsentrasi butanol terbaik adalah fraksi amilosa konsentrasi 12,5% dengan kadar amilosa tertinggi yaitu sebesar 22,19% dengan nilai kelarutan dan *swelling power* sebesar 18,13 dan 3,33%, kejernihan pasta sebesar 89,05%, dan persentase sineresis sebesar 82%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan fraksi amilosa hasil fraksinasi pati tapioka dengan pengaruh konsentrasi butanol 12,5% menghasilkan *edible film* yang mempunyai sifat fisika kimia lebih baik dari pati alaminya. *Edible film* pati tapioka dengan penambahan fraksi amilosa 12,5% menghasilkan *edible film* yang lebih baik dibandingkan *edible film* komposisi pati tapioka alami dengan nilai ketebalan sebesar 0,09 mm, kuat tarik sebesar 1,75 N/mm² *contact angle* 57,355° dan elongasi sebesar 11,60%.

Kata kunci: Pati, Fraksinasi, Amilosa, Amilopektin, Butanol, Edible film, Sifat fungsional

ABSTRACT

FRACTIONATION OF AMYLOSE FROM TAPIOCA STARCH (CASSAVA) WITH THE EFFECT OF BUTANOL CONCENTRATION TO MAKE EDIBLE FILM. Starch is often used in the food industry, one of which is *edible film*. The quality of *edible films* is influenced by the ratio of amylose and amylopectin to starch, which can be produced through the fractionation process. This study aims to determine the optimum conditions in making *edible film* from fractionation of tapioca starch fractionation. In the fractionation process variations in the concentration of butanol (10%, 12.5%, 15%) were carried out. Analysis of the amylose fraction includes yield, amylose content, solubility and *swelling power*, paste clarity and *freeze thaw stability*. Identification of amylose fraction and natural tapioca *edible film* and the results of amylose fractionation were carried out using *Fourier Transform Infrared (FTIR)*. *Edible film* analysis includes thickness, tensile strength, elongation and contact angles. Amylose fraction resulting from tapioca starch fraction with the best effect of butanol concentration was amylose fraction concentration of 12.5% with the highest amylose content of 22.19% with solubility and *swelling power* values of 18,13 and 3,33%, paste clarity of 89,05%, and the percentage of amylose syneresis by 82%. The results showed that the fractionation of amylose from tapioca starch with the influence of butanol concentration resulted in *edible film* which had better physical chemical properties than its natural starch. Tapioca starch *edible film* with the addition of amylose fraction 12.5% produced *edible films* better than *edible film* composition of natural tapioca starch with a thickness value of 0.09 mm, tensile strength of 1.75 N / mm², contact angle 57,355° and elongation of 11.60%.

Keywords: Starch, Fractionation, Amylose, Amylopectin, Butanol, Edible Film, Functional Properties.

PENDAHULUAN

Edible film merupakan salah satu kemasan alternatif untuk mengurangi penggunaan kemasan plastik sintetik (*non biodegradable*) yang saat ini masih banyak digunakan. *Edible Film* berbasis pati mempunyai sifat penghalang yang tinggi terhadap O₂ dan CO₂ (Kafrani et al. 2016). Namun film berbasis pati seperti pati tapioka memiliki sifat penghalang yang rendah terhadap uap air akibat dari sifat hidrofiliknya (Dehghani et al. 2018). Penggunaan pati sebagai bahan dasar pembuatan *edible film* didasarkan pada kelimpahan bahan, mudah diperoleh, harga murah, dapat dimakan (*edible*), dan mudah di daur ulang (*renewable*) serta kemudahannya untuk dimodifikasi secara fisikokimia. Pati dengan kadar amilosa tinggi dapat membentuk sifat lapisan tipis (film) yang sangat baik dan tidak rapuh dibandingkan dengan pati yang kandungan amilosanya rendah (Fakhoury et al. 2012). Untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik edible film maka dilakukan penambahan fraksi amilosa. Fraksi amilosa diperoleh melalui proses fraksinasi pati. Salah satu alternatif proses fraksinasi adalah dengan menggunakan pelarut air panas (*hot-water soluble/HWS*) dan senyawa pengompleks butanol (Mizukami et al. 1999). Adanya air dan energi panas yang cukup, menyebabkan granula pati alami mengalami pembengkakan dan pecah. Pecahnya granula pati menyebabkan fraksi amilosa pati *leaching* dan larut dalam air, sedangkan amilopektin yang memiliki sifat nonpolar akan lebih mudah larut dalam pelarut butanol, hal ini sesuai dengan prinsip *like dissolve like* (Oktavia et al. 2013).

Yuliasih et al. (2007) telah melakukan penelitian fraksinasi pati sagu, menunjukkan bahwa sifat fungsional pati tinggi amilosa hasil fraksinasi, seperti *swelling power*, tingkat kelarutan, *freezethaw stability*, dan kejernihan pasta menunjukkan perubahan. Peningkatan suhu pemanasan suspensi pati dari 90°C menjadi 95°C dapat meningkatkan sifat kelarutan fraksi amilosa yang dihasilkan dari 23,37% menjadi 47,77%. Peningkatan konsentrasi butanol dari 10% menjadi 12% dapat meningkatkan sifat kelarutan dari 23,37% menjadi 27,49%.

Kelarutan dan *swelling power* berpengaruh terhadap sifat hidrofilik pati pada saat diaplikasikan sebagai edible film. *Edible film* dari pati amilosa tinggi mempunyai laju transmisi uap air yang lebih rendah dibandingkan dengan pati alami (Rahim dkk. 2010). Fraksi tinggi amilosa pada pati akan

menghasilkan edible film yang lentur dan kuat (Fakhoury et al. 2012), karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat. Kadar amilosa yang tinggi menyebabkan interaksi kuat antara molekul pati, ikatan yang terjadi antara molekul pati semakin rapat dan kompak sehingga akan menyebabkan *film* menjadi kuat (Maran et al. 2013). Sedangkan *freeze thaw stability* dan kejernihan pasta memberikan efek jernih (sifat translusen) warna dan transparansi edible film (Han et al. 2012; Srichuwong et al. 2012).

Pada umumnya komponen bahan yang digunakan untuk pembuatan *edible film* meliputi senyawa polimer (pati, protein, lipida), komponen hidrofobik, *plasticizer*, dan *emulsifier* (Abdorreza et al. 2011; Murillo et al. 2010). Penggunaan *edible film* sebagai bahan pengemas pangan salah satunya dipengaruhi oleh ketebalan *film*, karena ketebalan *film* berpengaruh terhadap karakteristik fisik maupun mekanis pada *edible film* yang dihasilkan. Pada penelitian Warkoyo dkk. (2014) tentang sifat fisik, mekanik, dan barrier *edible film* berbasis pati umbi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang diinkorporasi dengan kalium sorbat menyatakan bahwa penambahan pati umbi kimpul menyebabkan kuat tarik, ketebalan, dan kehalusan permukaan *edible film* meningkat. Rahim dkk. (2011) meneliti tentang karakteristik *edible film* dari pati aren tinggi amilosa dan aplikasinya sebagai pengemas bubuk bumbu mie, menyatakan bahwa ketebalan *edible film* dari pati alami lebih rendah dari pati aren hasil fraksinasi pada suhu 80°C.

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh konsentrasi butanol pada proses fraksinasi amilosa dan pengaruh penambahan fraksi amilosa terhadap tapioka pada pembuatan *edible film*. Penelitian mengenai fraksi amilosa dengan pelarut butanol sudah dilakukan oleh peneliti Yuliasih dkk. 2007 dan Haryanti dkk. 2014. Sedangkan pengaruh penambahan fraksi amilosa pada pembuatan edible film belum dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Chang et al. (2019) melakukan penelitian fraksinasi pati jagung dengan menggunakan pelarut phosphate buffered saline dan pemanasan. Sebelumnya Chang et al. (2018) melakukan fraksinasi pati jagung dengan pelarut phosphate buffered saline dan menggunakan etanol sebagai presipitatnya. Penelitian fraksinasi pati cassava yang di

hidrolisis menjadi dektrin dengan presipitasi etanol telah dilakukan oleh Hu et al. (2015) dan pada tahun 2017 menyelidiki pengaruh pH awal dan garam pada fraksinasi dektrin dengan presipitasi etanol. Menurut Garcia et al. (1998), amilosa yang tinggi akan membuat film menjadi lebih kompak karena amilosa bertanggung jawab terhadap pembentukan matrik film

Pati dengan kadar amilosa tinggi menghasilkan *edible film* yang lentur dan kuat, karena struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen antar molekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat (Fakhoury et al. 2012; Souza et al. 2012). Diharapkan dengan penambahan fraksi amilosa pada pembuatan *edible film* akan meningkatkan sifat kimia fisik dari *edible film* seperti meningkatnya sifat hidrofobisitas film, sifat termal film (elongasi dan kuat tarik).

Amilosa tinggi disertai penambahan gliserol sebagai plastisizer merupakan komponen yang mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *edible film*. *Plasticizer* yang ditambahkan kedalam suatu bahan pembentuk film bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitasnya, karena dapat menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimernya, sehingga film akan lentur ketika dibengkokkan (Rodriguez et al. 2006). Interaksi pati dengan *plasticizer* berpengaruh terhadap kekuatan sifat fisik dan mekanik *edible film*, fenomena tersebut didukung oleh analisis spektrum dengan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* untuk mengindikasikan ada atau tidak terjadinya penambahan gugus fungsi baru akibat interaksi pati amilosa tinggi dengan *plasticizer*. Untuk itu dilakukan pengamatan terhadap hasil fraksinasi meliputi rendemen, kadar amilosa, kelarutan, *swelling power*, kejernihan pasta, *freeze thaw stability*, dan analisis gugus fungsi dengan *FTIR*. Sedangkan untuk *edible film* dilakukan pengamatan pada parameter ketebalan, kuat tarik, persen pemanjangan, sudut kontak dan analisis gugus fungsi *edible film* dengan *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR)*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Tapioka Tjap Orang Tani (Sumber Mas-Bogor), butanol (Merck), etanol (Merck), petroleum eter (Merck), kalsium klorida (Merck), gliserol (Merck), amilosa murni (Sigma), natirum hidroksida (Merck), asam asetat (Merck), iodine (Merck), kalium iodide (Merck), dan akuades.

Metode

Fraksinasi pati tapioka

Proses fraksinasi pati tapioka menggunakan metoda Mizukami et al. (1999) dengan modifikasi, konsentrasi butanol dengan variasi 10%, 12,5%, dan 15%. Hasil fraksinasi amilosa kemudian dianalisis terhadap rendemen, kadar amilosa, kelarutan dan *swelling power*, kejernihan pasta, *freeze-thaw stability* dan analisis gugus fungsi menggunakan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*. Kemudian dibuat *edible film* untuk melihat pengaruh penambahan fraksi tinggi amilosa terhadap sifat hidrofobisitas film, ketebalan, dan sifat termal *edible film*.

Karakterisasi Fraksi Amilosa Pati Tapioka Rendemen Fraksi Amilosa

Fraksi tinggi amilosa yang telah didapatkan dihitung rendemennya berdasarkan perbandingan berat amilosa yang dihasilkan dengan berat pati tapioka yang digunakan dikalikan 100%.

$$\% \text{ Rendemen Fraksi Amilosa} = \frac{\text{berat fraksi amilosa}}{\text{berat awal pati tapioka}} \times 100\% \quad (1)$$

Kadar Amilosa

Penetapan Standar Amilosa

Amilosa sebanyak 0,01 g ditambahkan 0,25 mL etanol 95%. Ditambahkan 2,25 mL NaOH 1 N dan dipanaskan dalam penangas selama 10 menit dengan suhu 50°C. Selanjutnya ditambahkan H₂O dan ditera dalam labu ukur 25 mL. Labu ukur 50 mL disiapkan sebanyak lima buah dan masing-masing labu diberi label 4ppm, 8ppm, 12ppm, 16ppm, dan 20 ppm. Pada masing-masing labu dipipet amilosa murni 1 mL (4 ppm), 2 mL (8 ppm), 3 mL (12 ppm), 4 mL (16 ppm), 5 mL (20 ppm). Kemudian ditambahkan CH₃COOH 1 N 0,2 mL (4 ppm), 0,4 mL (8 ppm), 0,6 mL (12 ppm), 0,8 mL (16 ppm), 1 mL (20 ppm). Kemudian ditambahkan larutan Iodin 2 mL pada masing-masing larutan lalu ditera kedalam labu 50 mL. Didiamkan selama 20 menit dan diukur absorbansi pada $\lambda = 620 \text{ nm}$.

Pengujian kadar amilosa pada sampel

Sampel 100 mg ditambahkan 1 mL etanol 95%, lalu ditambahkan 9 mL NaOH 1 N dan dipanaskan dalam penangas selama 10 menit dengan suhu 50°C. Kemudian ditambahkan H₂O hingga tera dalam labu 100 mL dan dikocok. Setelah itu diambil 1 mL sampel ke dalam labu 50 mL dan ditambahkan 1 mL CH₃COOH 1 N dan 2 mL larutan KI 2% ditera dengan H₂O. Didiamkan selama 20 menit dan diukur absorbansi pada $\lambda = 620 \text{ nm}$, kemudian dihitung kadar amilosa dalam rumus:

$$\text{Kadar Amilosa \%} = \frac{\text{Absorbansi} \times \text{Fk} \times \text{Volume titer} \times 100}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Dimana, Fk} = \frac{1}{\frac{\text{Abs}}{\text{ppm}} \times \text{faktor pengenceran}} \times 100 \quad (3)$$

Analisis Kelarutan dan Swelling Power

Sampel sebanyak 0,5 g dilarutkan dalam 50 mL akuades dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL yang telah diketahui bobotnya. Suspensi tersebut ditempatkan pada penangas air dengan suhu 70 °C selama 2 jam dengan pengadukan kontinyu. Selanjutnya larutan yang jernih dimasukkan ke cawan petri kosong yang telah diketahui bobotnya. Cawan berisi larutan dalam oven suhu 100 °C dikeringkan sampai bobot cawan tetap. Kenaikan bobot cawan dihitung. Endapan yang diperoleh kemudian ditimbang.

$$\text{Kelarutan} = \frac{\text{Penambahan bobot (g)} \times 50\text{ml}}{\text{Bobot sampel (g)} \times \text{larutan jernih yang diambil (ml)}} \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{swelling power (\%)} = \frac{\text{Bobot pasta yang mengendap}}{\text{Bobot sampel (g)} \times (100 - \% \text{kelarutan})} \times 100\% \quad (5)$$

Analisis Kejernihan Pasta

Sampel (0,1%) disiapkan dengan cara mensuspensikan 5 mg sampel dalam 5 mL akuades. Selanjutnya suspensi dicelupkan dalam air mendidih selama 30 menit. Tabung dikocok setiap 5 menit. Sampel didinginkan pada suhu kamar. Nilai transmisi (%T) diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ 650 nm. Sebagai blanko digunakan akuades.

Analisis Freeze Thaw Stability

Suspensi sampel 1% disiapkan sebanyak 5 mL. Untuk satu siklus *freeze-thaw* proses: sample di simpan dalam *freezer* suhu -20 °C selama 18 jam, kemudian disimpan pada suhu kamar selama 6 jam. Sampel kemudian disentrifugasi selama 10 menit 5000 rpm. Jumlah (volume) air yang terpisah setelah siklus *freeze-thaw* diukur, dan dinyatakan dalam % Sineresis.

Analisis FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Sampel amilosa dianalisis menggunakan spektrofotometer *FTIR* dalam rentang 4000 – 400 cm^{-1} . Spektrum hasil analisis *FTIR* amilosa hasil fraksinasi pati tapioka akan dibandingkan dengan spektrum amilosa murni.

Pembuatan Edible Film

Fraksi tinggi amilosa 0,5 g ditambah akuades sebanyak 40 mL dihomogenkan menggunakan homogenizer mixer (*ultra turrax*) selama 15 menit, kemudian disonikasi dengan amplitudo 40% selama 15 menit. Ditambahkan pati tapioka sebanyak 1,5 g dan gliserol 2% lalu dipanaskan dengan pengadukan konstan sampai tergelatinisasi. Setelah itu dituang ke cawan dan dioven suhu 45°C selama 15 jam, kemudian dikeringkan di suhu ruang selama 72 jam.

Uji Karakteristik Edible Film

Ketebalan

Sampel edible film diukur menggunakan micrometer scrup dengan ketelitian 0,001 mm pada 5 tempat yang berbeda. Hasil pengukuran dirata-rata sebagai hasil ketebalan film.

Kuat Tarik dan Persen Pemanjangan (Elongasi)

Pengukuran kuat tarik dan pemanjangan dilakukan dengan mengikuti (*ASTM D638-02a-2002*). Sampel dipotong dengan ukuran 9,1 x 3 cm. *Edible film* dijepit 1,5 cm dikedua panjang sisinya. Uji kuat tarik dan kemuluran *film* dilakukan menggunakan alat *mechanical universal testing machine (A&D MCT-2150)*.

Contact Angle

Sampel *edible film* ditempelkan ke dalam pelat pada alat *contact angle meter*. Selanjutnya ditetaskan 15 μ L air dengan menggunakan *syringe*. Proyeksi cahaya dari alat *contact angle meter* pada tetesan air yang terbentuk kemudian diamati dan diukur besar sudut kontakannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fraksinasi Pati Tapioka

Proses fraksinasi bertujuan untuk memisahkan fraksi amilosa dari fraksi amilopektin. Fraksi amilosa merupakan fraksi yang larut dalam air panas, penambahan butanol menyebabkan fraksi amilosa membentuk kompleks dengan butanol (kompleks amilosa-butanol yang mengendap) sehingga fraksi amilosa terpisah dari fraksi amilopektin. (Yuliasih dkk. 2007).

Konsentrasi butanol yang digunakan dalam penelitian ini 10%, 12,5% dan 15%. Rendemen fraksi amilosa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen fraksi amilosa

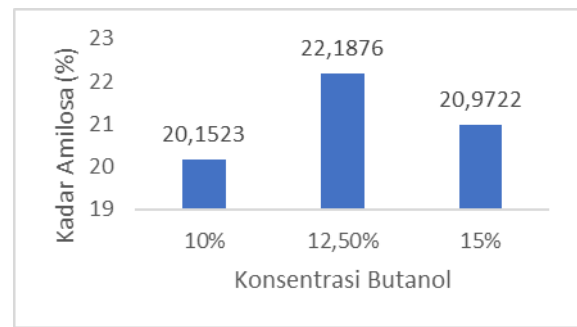
Konsentrasi Larutan Butanol	Rendemen Fraksi Amilosa (%)
10%	68,978
12,5%	73,989
15%	51,973

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa kenaikan konsentrasi butanol meningkatkan rendemen fraksi amilosa pada konsentrasi butanol 12,5%, namun menurun pada konsentrasi 15%. Hal ini diduga granula pati pecah secara sempurna sehingga peningkatan konsentrasi larutan butanol dapat meningkatkan kemampuannya membentuk kompleks dengan fraksi amilosa. Penurunan rendemen fraksi amilosa pada konsentrasi butanol 15 % kemungkinan terjadi saat pembentukan ikatan kompleks amilosa-butanol tidak maksimal. Adanya butanol yang berlebih tidak mempengaruhi meningkatnya pembentukan ikatan kompleks amilosa-butanol.

Penelitian fraksinasi pati sagu yang telah dilakukan oleh Yuliasih dkk. (2007) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan butanol sebagai senyawa pengompleks dari 10 % menjadi 20 % pada suhu pemanasan suspensi pati 80°C, dapat meningkatkan rendemen fraksi amilosa hasil fraksinasi dari 16,36 % menjadi 19,35 %. Kondisi proses fraksinasi yang menghasilkan rendemen fraksi amilosa tertinggi 32,17% adalah pada suhu pemanasan suspensi pati 90°C dan konsentrasi larutan butanol 10 %. Selanjutnya peningkatan suhu pemanasan suspensi pati lebih lanjut (sampai suhu 95°C, menurunkan rendemen fraksi amilosa menjadi 29,96 %. Menurut Yuliasih dkk. (2007), butanol tidak mampu membentuk kompleks dengan fraksi amilosa yang memiliki bobot molekul rendah. Semakin tinggi konsentrasi butanol, kadar amilosa menurun. Pembentukan kompleks amilosa-butanol akan lebih efektif terjadi pada fraksi amilosa dengan bobot molekul tinggi. Sebaliknya, amilosa dengan berat molekul rendah ketika dilakukan penambahan butanol pembentukan kompleks amilosa-butanol yang terjadi tidak maksimal. Hal tersebut menyebabkan rendahnya kadar amilosa yang dihasilkan.

Kadar Amilosa

Kadar amilosa pada proses fraksinasi tiga konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15% disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kadar Amilosa Pati Tapioka

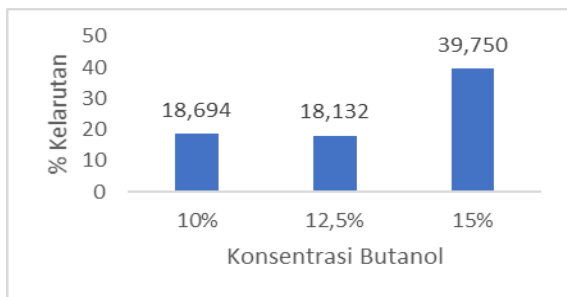
Kadar amilosa tertinggi dihasilkan dari konsentrasi butanol 12,5% yaitu sebesar 22,1876%. Hal ini diduga akibat gelatinisasi pati yang sempurna dimana fraksi amilosa meluruh keluar dari granula pati karena pecahnya granula pati. Amilosa dengan penambahan butanol 12,5% mampu membentuk ikatan amilosa butanol dengan baik. Penurunan kadar amilosa pada konsentrasi butanol 12,5% ke 15% sebesar 5,47778%, kemungkinan terjadi akibat pemanasan pada suhu tinggi, selain mengakibatkan lebih banyak amilosa yang luruh ke dalam suspensi pati, tetapi juga akan mengakibatkan depolimerisasi molekul pati sehingga mengurangi kadar fraksi amilosanya (Yuliasih dkk, 2007; Haryanti dkk., 2014).

Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi butanol yang digunakan, semakin tinggi kadar amilosa yang diperoleh dari pati tapioka. Konsentrasi butanol 12,5% menghasilkan kadar amilosa tertinggi. Hal ini disebabkan butanol sebagai pelarut yang melarutkan fraksi amilopektin sehingga mengakibatkan kandungan amilosa yang tinggi. Penggunaan air panas sebagai bagian awal dalam proses fraksinasi pati berperan penting untuk mengubah struktur dan fungsi butiran pati.

Amilosa adalah komponen pati yang memiliki rantai lurus dan larut dalam air, sedangkan amilopektin memiliki rantai bercabang, tidak larut dalam air tetapi larut dalam N-butanol. Ini karena amilosa terdiri dari rantai D-glukosa lurus yang berikatan dengan α -1,4. Hal ini juga dipengaruhi oleh ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil dalam amilosa dan air. Ketika pati dipanaskan dalam air panas pada suhu gelatinisasi, energi panas menyebabkan ikatan hidrogen dalam pati melemah dan memberikan air untuk masuk ke butiran dan memungkinkan sedikit pembubaran dan pertukaran molekul amilosa ke dalam air. Ini muncul karena adanya butanol berlebih yang dapat melarutkan amilopektin, sehingga amilosa dapat dipisahkan dari amilopektin dalam bentuk sedimen (Riiontgomery et al. 1955).

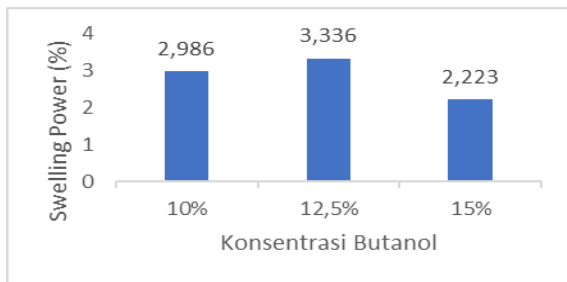
Kelarutan dan Swelling Power

Nilai kelarutan fraksi amilosa konsentrasi butanol 10% dan 12,5% berkisar antara 18%, sedangkan pada konsentrasi butanol 15% mengalami peningkatan kelarutan yaitu sebesar 39,75% (Gambar 2). Hal ini dipengaruhi oleh peningkatan suhu dan lama pemanasan suspensi pati yang mengakibatkan terjadinya depolimerisasi pati menghasilkan fraksi amilosa yang memiliki rantai pendek dengan bobot molekul rendah. Menurut Guo et al. (2017), amilosa yang memiliki rantai pendek lebih mudah larut dalam air.



Gambar 2. Nilai Kelarutan Fraksi Amilosa

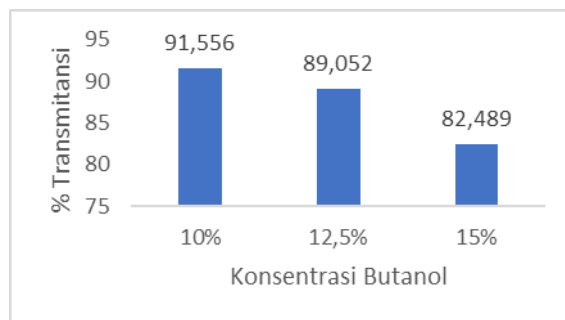
Swelling power atau *water holding capacity* adalah kemampuan pati untuk mengikat air yang menyebabkan granula pati tersebut akan mengembang (Adjei et al. 2017). *Swelling power* fraksi amilosa pada konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15% disajikan pada Gambar 3. Seperti dijelaskan diatas bahwa peningkatan suhu dan lama waktu pemanasan menghasilkan pati tinggi amilosa yang didominasi oleh fraksi amilosa dengan bobot molekul rendah. Hal ini mengakibatkan tidak terjadinya peningkatan kemampuan pati untuk mengembang lebih besar. Kadar amilosa yang tinggi menyebabkan interaksi kuat antara molekul pati, ikatan yang terjadi antara molekul pati semakin rapat dan kompak sehingga pati tidak dapat mengembang dalam air. *Swelling power* dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya, adanya protein dan lipid yang terdapat dalam pati, serta rasio amilosa dan amilopektin (Adjei et al. 2017, Peluso et al. 2009)



Gambar 3. Grafik nilai *swelling power* fraksi amilosa

Analisis Kejernihan Pasta

Kejernihan pasta merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas pasta pati disamping viskositas pasta, terutama berdasarkan penampakan visual terkait aplikasinya untuk edible film.



Gambar 4. Nilai Kejernihan Pasta Fraksi Amilosa

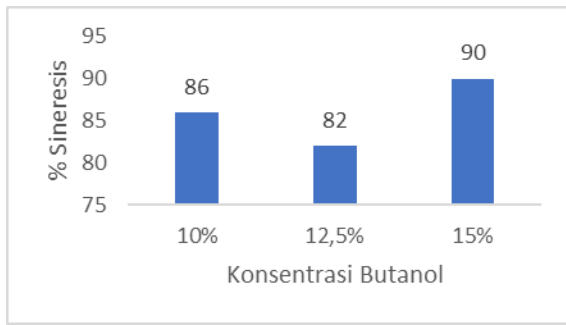
Kejernihan pasta berkaitan terjadinya retrogradasi pati. Retrogradasi yang rendah menyebabkan pati memiliki tingkat kejernihan tinggi (Matignon dan Tecante, 2016).

Kejernihan pati tergantung pada banyak faktor, yang paling penting adalah adanya senyawa non-pati (protein, lipid), perbandingan amilosa dan amilopektin, Derajat polimerisasi, dan konsentrasi larutan pati (Pycia et al. 2012).

Gambar 4 menunjukkan kejernihan pasta terendah dihasilkan oleh fraksi amilosa konsentrasi butanol 15% dengan nilai 82,489%. Pada fraksi amilosa konsentrasi butanol 10% dan 12,5% menghasilkan nilai kejernihan pasta yang sedikit berbeda. Nilai kejernihan pasta pada fraksi amilosa konsentrasi butanol 10% dan 12,5% menghasilkan nilai kejernihan pasta yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa yang dihasilkan pada konsentrasi butanol 10% dan 12,5% memiliki kemampuan retrogradasi yang rendah.

Freeze thaw Stability

Freeze-thaw stability adalah parameter yang menyatakan kestabilan pati ketika dibekukan dan dicairkan. Pati dengan nilai fungsional yang tinggi harus memiliki kestabilan dalam berbagai kondisi suhu ekstrem, sehingga pada saat pati melewati proses *shipping* dan *handling* kualitas pati tidak menurun. Analisis *Freeze-thaw stability* atau stabilitas beku cair dinyatakan kedalam % sineresis (Han et al. 2012).



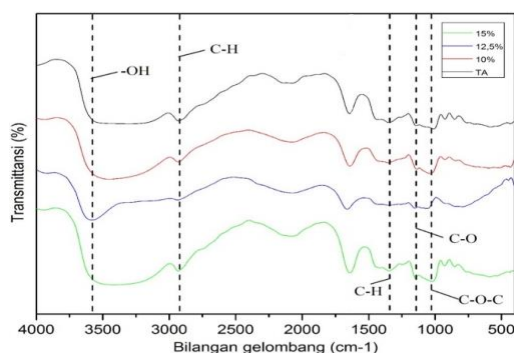
Gambar 5. Nilai *freeze thaw stability* fraksi amilosa

Fraksi amilosa yang dihasilkan dari konsentrasi butanol 15% memiliki nilai persen sineresis tertinggi yaitu 90%. Hal ini menunjukkan bahwa fraksi amilosa konsentrasi butanol 15% menghasilkan pati tinggi amilosa yang kurang stabil terhadap penyimpanan beku dibandingkan dengan fraksi amilosa konsentrasi butanol 10 dan 12,5%.

Nilai sineresis fraksi amilosa konsentrasi butanol 10% sebesar 86% dan konsentrasi butanol 12,5% nilai sineresisnya 82%. Fraksi amilosa konsentrasi 12,5% menghasilkan pati tinggi amilosa yang lebih stabil terhadap penyimpanan beku dibandingkan dengan yang lainnya. Hal ini disebabkan amilosa yang dihasilkan memiliki sebaran bobot molekul tinggi yang dominan, sehingga ketika gel pati diletakkan pada suhu ruang, air yang terpisah dari gel pati tidak terlalu banyak dan menyebabkan persen sineresis yang rendah (Yuliasih dkk. 2007).

Analisis FTIR Fraksi Amilosa

Hasil analisis spektroskopi FTIR tapioca alami dan fraksi tinggi amilosa hasil proses fraksinasi disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. spektrum FTIR tapioca alami dan fraksi amilosa konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15%

Analisis FTIR diterapkan untuk mempelajari perubahan struktur kimia antara amilosa yang diperoleh. Perubahan gugus fungsi pada struktur kimia dapat diketahui dari karakteristik puncak absorpsi.

Beberapa pita serapan pada bilangan gelombang 3444,87 cm^{-1} (10%), 3579,88 cm^{-1} dan 3323,35 cm^{-1} (12,5%) dan 3415,93 cm^{-1}

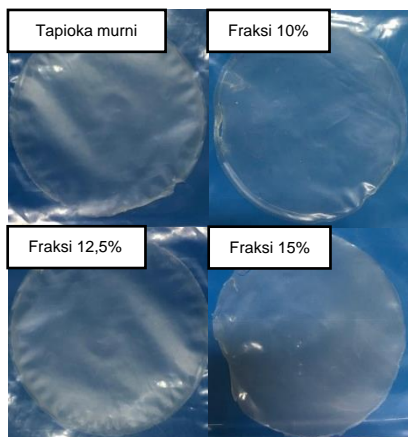
(15%) menunjukkan adanya gugus O-H. Adanya serapan yang muncul pada bilangan gelombang 2931,80 cm^{-1} dan 1352,10 cm^{-1} (10%), 2935,66 cm^{-1} dan 1350,17 cm^{-1} (12,5%), 2931,80 cm^{-1} dan 1348,24 cm^{-1} (15%) menandakan gugus C-H. Gugus fungsi yang teridentifikasi selanjutnya yaitu pada bilangan gelombang 1138,00 cm^{-1} (10%), 1255,66 cm^{-1} dan 1151,50 cm^{-1} (12,5%) serta 1246,02 cm^{-1} dan 1147,65 cm^{-1} (15%) menandakan vibrasi tekuk C-O. Gugus fungsi yang tidak terdeteksi pada sampel tapioca alami namun terdeteksi pada sampel fraksi amilosa masing-masing konsentrasi butanol yaitu pada bilangan gelombang 1031,92 cm^{-1} (10%), 1058,92 cm^{-1} (12,5%) dan 1029,99 cm^{-1} (15%) menandakan vibrasi ulur eter C-O-C (El Mansouri *et al.*, 2011).

Spektroskopi FTIR digunakan untuk menguji pengaruh konsentrasi butanol dalam proses fraksinasi terhadap kelompok fungsional amilosa yang diperoleh dari pati tapioka. Ini karena jika dua atau lebih bahan kimia dicampur, campuran fisik ke interaksi kimia direfleksikan oleh perubahan karakteristik puncak spektrum. Spektrum inframerah dari setiap amilosa ditunjukkan pada Gambar 6. Semua hasil menunjukkan puncak tertentu yang mirip dengan amilosa yang dipelajari oleh kelompok lain (Zhang *et al.* 2017). Dapat dilihat dari semua spektrum inframerah yang diperoleh bahwa tidak ada perubahan puncak yang signifikan, tetapi perbedaan intensitas puncak. Ini mungkin karena efek dari konsentrasi butanol yang berbeda sebagai pelarut untuk pengendapan kompleks amilosa-butanol.

Pembuatan Edible Film

Edible film dibuat dari pati tapioca dengan penambahan fraksi tinggi amilosa pada variasi konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15%. Formulasi *edible film* terdiri dari 0,5 g fraksi tinggi amilosa ditambahkan kedalam 1,5 g tapioca alami, menggunakan alat ultrasonik homogenizer selama 15 menit dengan amplitudo 40%. Gliserol sebagai plastisizer ditambahkan pada formulasi ini sebesar 1%.

Gliserol adalah salah satu *plasticizer* yang banyak digunakan karena cukup efektif mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga akan meningkatkan jarak intermolekuler. Mempunyai sifat hidrofilik, sehingga cocok untuk bahan pembentuk *film* yang bersifat hidrofilik seperti pati. Molekul *plasticizer* akan mengganggu kekompakan pati, menurunkan interaksi intermolekuler dan meningkatkan mobilitas polimer. Selanjutnya mengakibatkan peningkatan *elongation* dan penurunan *tensile strength* seiring dengan peningkatan konsentrasi gliserol. (Rodriguez *et al.* 2006).



GAMBAR 7. *Edible film* komposisi tapioka alami dan *edible film* berbasis fraksi amilosa konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15%

Karakterisasi *Edible Film*

Karakterisasi *edible film* dilakukan terhadap film yang dibuat dari pati taioka alami (TA) dan pati tapioca alami dengan penambahan fraksi tinggi amilosa 12,5% (TAFTA 12,5%). Uji karakteristik yang dilakukan meliputi uji ketebalan (mm), kuat tarik (N/mm²) dan persen pemanjangan (%).

Ketebalan

Penggunaan *edible film* sebagai bahan pengemas pangan salah satunya dipengaruhi oleh ketebalan *film*, karena ketebalan *film* berpengaruh terhadap karakteristik fisik maupun mekanis *edible film* yang dihasilkan. Pengujian ketebalan *edible film* dilakukan dengan metode *microcal messmer* (ASTM 1983) menggunakan micrometer scrup, dimana nilai ketebalan didapatkan dari rata-rata hasil pengukuran pada lima titik yang berbeda yaitu bagian setiap sudut dan tengah *edible film*.

Ketebalan *edible film* dari pati tapioka alami (TA) dan fraksi tinggi amilosa 12,5% (TAFTA 12,5%) pada penelitian ini memiliki ketebalan yang sama sebesar 0,09 mm. Penambahan fraksi tinggi amilosa, interaksi antara pati dengan plastisizer tidak mempengaruhi ketebalan *edible film*. Hal ini terjadi karena pada saat pembuatan *edible film* dilakukan pada kondisi proses yang sama, seperti menggunakan alat dan cetakan yang sama serta suhu dan waktu pengeringan yang sama, sehingga ketebalannya juga sama. Ketebalan *edible film* biasanya kurang dari 0,25 mm (Skurtys et al. 2011). Nilai ketebalan *edible film* yang diperoleh pada penelitian ini masih memenuhi kategori yang anjurkan, karena masih dibawah standar maksimal ketebalan *edible film* menurut *Japanese Industrial Standart* yaitu 0,25 mm.

Kuat Tarik

Kuat tarik (*tensile strength*) merupakan ukuran untuk kekuatan *film* secara spesifik atau tarikan secara maksimum yang dapat dicapai sampai *film* tetap bertahan sebelum terputus.

Nilai kuat Tarik *edible film* dari TAFTA 12,5% memiliki nilai kuat Tarik yang lebih tinggi yakni sebesar 1,75 N/mm² dibandingkan dengan *edible film* TA yaitu sebesar 1,52 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa fraksi tinggi amilosa pati semakin tinggi akan meningkatkan nilai kuat tarik *edible film*, diduga terjadinya ikatan antar polimer yang semakin kuat sehingga kuat tarik yang dihasilkan semakin besar. Hal ini sesuai dengan pendapat (Warkoyo dkk. 2014).

Elongasi (Persen Pemanjangan)

Elongasi merupakan persentase perubahan panjang *film* yang dihitung ketika *film* ditarik hingga putus. Hasil analisis menunjukkan nilai persen pemanjangan *edible film* TA dan TAFTA12,5% pada penelitian ini adalah 12,7% dan 11,6%. Meskipun tergolong rendah, nilai elongasi *edible film* yang diperoleh termasuk kategori baik karena berada pada nilai standar persen pemanjangan *edible film* menurut *Japanese Industrial Standart* yaitu 10-50%.

Penurunan elongasi diduga dipengaruhi oleh penambahan fraksi tinggi amilosa yang menyebabkan adanya interaksi kuat antara molekul pati. Ikatan yang terjadi antara molekul pati semakin rapat dan kompak sehingga menyebabkan *film* menjadi kuat dan semakin sulit untuk memanjang (Onjira et al. 2016).

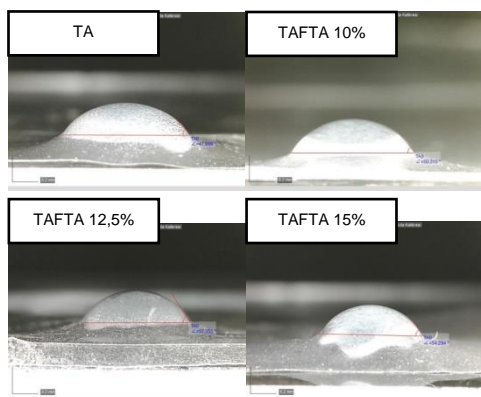
Contact Angle

Karakteristik sifat hidrofobisitas *edible film* diukur dengan contact angle. Hasil pengukuran contact angle *edible film* pati tapioca alami (TA) dan pati tapioca dengan penambahan fraksi tinggi amilosa (TAFTA) dapat dilihat pada Gambar 8.

Nilai sudut kontak *edible film* tapioka alami (TA) sebesar 47,699° dan *edible film* dengan penambahan fraksi amilosa hasil fraksinasi konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15% pada penelitian ini adalah; 50,315°; 57,355° dan 54,294°.

Nilai contact angle pada *edible film* tapioca alami paling rendah yaitu 47,699° , hal ini terjadi karena pada permukaan *edible film* pati tapioca alami terdapat banyak makromolekul OH membentuk ikatan hydrogen dalam air. Peningkatan nilai contact angle setelah *edible film* ditambahkan fraksi tinggi amilosa meningkat menjadi 57,355° .

Selanjutnya Jouki et al. (2013) melaporkan bahwa nilai contact angle antara 45° dan 90° menunjukkan permukaan edible film tidak mudah dibasahi dan bersifat hidrofobik.



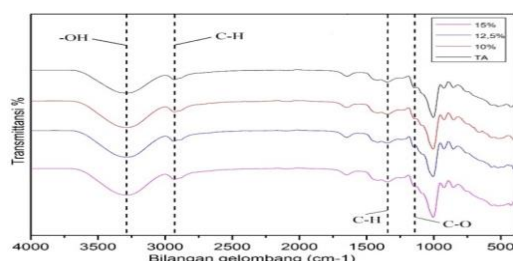
Gambar 1. Sudut kontak edible film tapioka alami, edible film dengan tapioca alami dengan penambahan fraksi tinggi amilosa konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15%

Analisis Data FTIR Edible Film

Pengamatan edible film menggunakan spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR) untuk mengetahui ada tidaknya penambahan gugus fungsi akibat interaksi pati fraksi tinggi amilosa dengan plasticizer.

Spektrum IR memperlihatkan adanya serapan pada daerah bilangan gelombang $3286,79\text{ cm}^{-1}$ (10%), $3280,92\text{ cm}^{-1}$ (12,5%) dan $3284,77\text{ cm}^{-1}$ (15%) menunjukkan adanya gugus O-H alkohol. Serapan pada bilangan gelombang $2931,80\text{ cm}^{-1}$, $1417,68\text{ cm}^{-1}$ dan $1344,38\text{ cm}^{-1}$ (10%), $2933,73\text{ cm}^{-1}$, $1415,75\text{ cm}^{-1}$ dan $1342,46\text{ cm}^{-1}$ (12,5%), $2931,80\text{ cm}^{-1}$, $1417,68\text{ cm}^{-1}$ dan $1344,38\text{ cm}^{-1}$ (15%) menandakan gugus C-H alkana. Gugus fungsi yang teridentifikasi selanjutnya pada bilangan gelombang $1141,86\text{ cm}^{-1}$ (10%), $1147,65\text{ cm}^{-1}$ (12,5%) serta $1141,86\text{ cm}^{-1}$ (15%) menandakan vibrasi tekuk C-O.

Dari hasil analisis spektrum FTIR menunjukkan penambahan gliserol pada pati fraksi tinggi amilosa tidak mengakibatkan munculnya puncak baru. Hal ini mengindikasikan tidak terjadinya penambahan gugus fungsi baru akibat interaksi pati dengan plasticizer, namun hanya berupa interaksi ikatan hidrogen antarmolekul penyusun edible film.



Gambar 2. spektrum FTIR edible film tapioka alami dan edible film tapioca alami dengan penambahan fraksi tinggi amilosa konsentrasi butanol 10%, 12,5% dan 15%

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kadar amilosa tertinggi sebesar 22,19%, nilai kelarutan dan swelling power sebesar 18,13 dan 3,33%, kejernihan pasta sebesar 89,05%, dan persentase sineresis sebesar 82% diperoleh pada fraksi amilosa dengan konsentrasi butanol 12,5%

Edible film pati tapioka dengan penambahan fraksi amilosa 12,5% memiliki sifat edible film yang lebih baik dibandingkan edible film pati tapioka alami, dengan nilai ketebalan sebesar 0,09 mm, kuat tarik sebesar $1,75\text{ N/mm}^2$, contact angle $57,355^\circ$ dan elongasi sebesar 11,60%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Program INSINAS Tahun Anggaran 2019 no. kontrak 053/P/RPL-LIPI/INSINAS-1/IV/2019.

DAFTAR PUSTAKA

- Adjei, Frank Kumah, Yaa Asantewaa Osei, Noble Kuntworbe, and Kwabena Ofori-Kwakye. 2017. "Evaluation of the Disintegrant Properties of Native Starches of Five New Cassava Varieties in Paracetamol Tablet Formulations." *Journal of Pharmaceutics* 2017: 1–9. doi:10.1155/2017/2326912.
- Chang, Ranran, Yaoqi Tian, Hao Lu, Chunrui Sun, and Zhengyu Jin. 2020. "Effects of Fractionation and Heat-Moisture Treatment on Structural Changes and Digestibility of Debranched Waxy Maize Starch." *Food Hydrocolloids* 101. Elsevier Ltd: 105488. doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105488.
- Dehghani, Samira, Seyed Vali Hosseini, and Joe M. Regenstein. 2018. "Edible Films and Coatings in Seafood Preservation: A Review." *Food Chemistry* 240 (July): 505–13. doi:10.1016/j.foodchem.2017.07.034.
- Fakhouri, Farayde Matta, Silvia Maria Martelli, Thiago Caon, José Ignacio Velasco, and Lucia Helena Innocentini Mei. 2015. "Edible Films and Coatings Based on Starch/Gelatin: Film Properties and Effect of Coatings on Quality of Refrigerated Red Crimson Grapes." *Postharvest Biology and Technology* 109. Elsevier

- B.V.: 57–64.
doi:10.1016/j.postharvbio.2015.05.015.
- Garcia, Lorena Costa, Leila Mendes Pereira, Claire I.G. de Luca Sarantópoulos, and Miriam Dupas Hubinger. 2010. "Selection of an Edible Starch Coating for Minimally Processed Strawberry." *Food and Bioprocess Technology* 3 (6): 834–42. doi:10.1007/s11947-009-0313-9.
- Guo, Mark Q., Xinzhong Hu, Changlu Wang, and Lianzhong Ai. 2017. "Polysaccharides: Structure and Solubility." *Solubility of Polysaccharides*. doi:10.5772/intechopen.71570.
- Han, Fei, Mingzhu Liu, Honghong Gong, Shaoyu Lü, Boli Ni, and Bing Zhang. 2012. "Synthesis, Characterization and Functional Properties of Low Substituted Acetylated Corn Starch." *International Journal of Biological Macromolecules* 50 (4). Elsevier B.V.: 1026–34. doi:10.1016/j.ijbiomac.2012.02.030.
- Haryanti, Pepita, Retno Setyawati, and Rumpoko Wicaksono. 2014. "Pengaruh Suhu Dan Lama Pemanasan Suspensi Pati Serta Konsentrasi Butanol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa Dari Tapioka." *Agritech* 34 (3): 308–15.
- Hu, Xiuting, Chengmei Liu, Zhengyu Jin, and Yaoqi Tian. 2015. "Fractionation of Starch Hydrolysate into Dextrin Fractions with Low Dispersion by Gradient Alcohol Precipitation." *Separation and Purification Technology* 151. Elsevier B.V.: 201–10. doi:10.1016/j.seppur.2015.07.044.
- Indah Yuliasih, et al. 2007. "Pengaruh Proses Fraksinasi Pati Sagu Terhadap Karakteristik Fraksi Amilosanya." *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 17 (1).
- Jouki, Mohammad, Naimeh Khazaei, Mehran Ghasemlou, and Mehri Hadinezhad. 2013. "Effect of Glycerol Concentration on Edible Film Production from Cress Seed Carbohydrate Gum." *Carbohydrate Polymers* 96 (1). Elsevier Ltd.: 39–46. doi:10.1016/j.carbpol.2013.03.077.
- Mansouri, Nour Eddine El, Qiaolong Yuan, and Farong Huang. 2011. "Characterization of Alkaline Lignins for Use in Phenol-Formaldehyde and Epoxy Resins." *BioResources* 6 (3): 2647–62. doi:10.15376/biores.6.3.2647-2662.
- Maran, J. Prakash, V. Sivakumar, R. Sridhar, and K. Thirugnanasambandham. 2013. "Development of Model for Barrier and Optical Properties of Tapioca Starch Based Edible Films." *Carbohydrate Polymers* 92 (2). Elsevier Ltd.: 1335–47. doi:10.1016/j.carbpol.2012.09.069.
- Matignon, Anne, and Alberto Tecante. 2017. "Starch Retrogradation: From Starch Components to Cereal Products." *Food Hydrocolloids* 68. Elsevier B.V.: 43–52. doi:10.1016/j.foodhyd.2016.10.032.
- Mizukami, H., Y. Takeda, and S. et al. Hizukuri. 1999. "Structure of the Hot-Water Soluble Components in the Starch Granules of New Japanese Rice Cultivars." *Carbohydrate Polymers* 38 (4): 329–36. doi:10.1016/S0144-8617(98)00120-9.
- Mohammadi Nafchi, Abdorreza, L. H. Cheng, and A. A. Karim. 2011. "Effects of Plasticizers on Thermal Properties and Heat Sealability of Sago Starch Films." *Food Hydrocolloids* 25 (1). Elsevier Ltd: 56–60. doi:10.1016/j.foodhyd.2010.05.005.
- Murillo-Martínez, M. M., R. Pedroza-Islas, C. Lobato-Calleros, A. Martínez-Ferez, and E. J. Vernon-Carter. 2011. "Designing W1/O/W2 Double Emulsions Stabilized by Protein-Polysaccharide Complexes for Producing Edible Films: Rheological, Mechanical and Water Vapour Properties." *Food Hydrocolloids* 25 (4). Elsevier Ltd: 577–85. doi:10.1016/j.foodhyd.2010.06.015.
- Oktavia, Astrid Devita, Nora Idiawati, and Destiarti et al. Lia. 2013. "Studi Awal Pemisahan Amilosa Dan Amilopektin Pati Ubi Jalar (Ipomoea Batatas Lam) Dengan Variasi Konsentrasi n-Butanol." *Jurnal Kimia* 2 (3): 153–56.
- Pycia, Karolina, Lesław Juszczak, Dorota Gałkowska, and Mariusz Witczak. 2012. "Physicochemical Properties of Starches Obtained from Polish Potato Cultivars." *Starch/Stärke* 64 (2): 105–14. doi:10.1002/star.201100072.
- Rahim, Abdul, Nur Alam, and Dan Umar Santoso. 2011. "Karakteristik Edibel Film Dari Pati Aren Amilosa Tinggi Dan Aplikasinya Sebagai Pengemas Bubuk Bumbu Mie." *J. Agroland* 18 (1): 15–21.
- Riiontgomery, Edna. M, and Senti F.R. 1995. Separation of amylose from mylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *Journal of Polymer Science* 1 XXVIII: 1–9.
- Rodríguez, Maria, Javier Osés, Khalid Ziani, and Juan I. Maté. 2006. "Combined Effect of Plasticizers and Surfactants on the Physical Properties of Starch Based Edible Films." *Food Research International* 39 (8): 840–46. doi:10.1016/j.foodres.2006.04.002.
- Rompothi, Onjira, Pasawadee Pradipasena,

- Kanitha Tananuwong, Anongnat Somwangthanaroj, and Theeranun Janjarasskul. 2017. "Development of Non-Water Soluble, Ductile Mung Bean Starch Based Edible Film with Oxygen Barrier and Heat Sealability." *Carbohydrate Polymers* 157. Elsevier Ltd.: 748–56. doi:10.1016/j.carbpol.2016.09.007.
- Skurtys, O., C. Acevedo, F. Pedreschi, J. Enronoe, F. Osorio, and J. M. Aguilera. 2011. "Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings." *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*, 1–66.
- Souza, A. C., R. Benze, E. S. Ferrão, C. Ditchfield, A. C.V. Coelho, and C. C. Tadini. 2012. "Cassava Starch Biodegradable Films: Influence of Glycerol and Clay Nanoparticles Content on Tensile and Barrier Properties and Glass Transition Temperature." *LWT - Food Science and Technology* 46 (1): 110–17. doi:10.1016/j.lwt.2011.10.018.
- Srichuwong, Sathaporn, Naoto Isono, Hongxin Jiang, Takashi Mishima, and Makoto Hisamatsu. 2012. "Freeze-Thaw Stability of Starches from Different Botanical Sources: Correlation with Structural Features." *Carbohydrate Polymers* 87 (2). Elsevier Ltd.: 1275–79. doi:10.1016/j.carbpol.2011.09.004.
- Tavassoli-Kafrani, Elham, Hajar Shekarchizadeh, and Mahdieh Masoudpour-Behabadi. 2016. "Development of Edible Films and Coatings from Alginates and Carrageenans." *Carbohydrate Polymers* 137. Elsevier Ltd.: 360–74. doi:10.1016/j.carbpol.2015.10.074.
- Warkoyo, Budi Raharjo. 2014. "Sifat Fisik, Mekanik Dan Barrier Edible Film Berbasis Pati Umbi Kimpul (Xanthosoma Sagittifolium) Yang Diinkorporasi Dengan Kalium Sorbat." *Agritech* 34 (01): 72–81. doi:10.22146/agritech.9525.
- Zhang, Hai, Mercedes Hortal, Maria Jordá-Beneyto, Estela Rosa, Marta Lara-Lledo, and Inmaculada Lorente. 2017. "ZnO-PLA Nanocomposite Coated Paper for Antimicrobial Packaging Application." *LWT - Food Science and Technology* 78. Elsevier Ltd.: 250–57. doi:10.1016/j.lwt.2016.12.024.