



Review Artikel: Pati pada Berbagai Sumber Tanaman

Article Review: *Starch in Various Plant Sources*

Mimi Harni^{*1}, Tuty Anggraini², Rini², Irfan Suliansyah³

¹Program Doktorat Ilmu Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

²Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

³Program Studi Ilmu Pertanian Pascasarjana, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: mimiharni2009@gmail.com

Abstrak. Ketergantungan Indonesia terhadap produk impor terutama tepung terigu semakin tinggi dari tahun ke tahun. Hal ini menjadi pertimbangan untuk mencari jalan keluar dari permasalahan ini karena Indonesia sendiri mempunyai potensi berupa umbi, sereal dan beberapa kacang-kacangan yang merupakan sumber karbohidrat berupa pati dan diharapkan dapat mengurangi penggunaan terigu. Pati pada masing-masing tanaman berbeda jumlahnya dan dipengaruhi oleh komposisi yang ada pada pati tersebut. Komposisi yang ada pada pati juga mempengaruhi ekstraksi yang dilakukan. Pati dari umbi-umbian lebih mudah untuk diekstrak walaupun hanya menggunakan air. Hal ini terjadi karena rendahnya kandungan protein dan lipid yang terdapat pada umbi sedangkan pada sereal dan beberapa kacang-kacangan hal ini lebih sulit dilakukan karena kandungan protein dan lipid lebih tinggi. Ekstraksi yang disarankan pada ekstraksi sereal dan beberapa kacang-kacangan adalah menggunakan alkali karena dapat menghilangkan pati pada permukaan sehingga menghasilkan pati yang lebih murni. Satu hal yang harus menjadi pertimbangan dalam melakukan ekstraksi pilihlah metode yang ramah lingkungan agar tidak menimbulkan kerusakan. Metode yang dapat dilakukan untuk menghasilkan pati ada 3 jenis yaitu metode ekstraksi dengan air, ekstraksi dengan alkali dan ekstraksi dengan enzim.

Kata kunci: pati, ekstraksi, metode ekstraksi

Abstract. Indonesia's dependence on imported products, especially wheat flour, keep increasing from year to year. This becomes another consideration to find a way out of this problem because Indonesia has lots of tubers, cereals and some beans which are a source of carbohydrates in the form of starch and are expected to reduce the use of wheat. Starch in each plant is different and is influenced by the composition of each plant. Materials that contain starch also affect how the extraction is to be done. Starch from tubers is easy to extract even if it only uses air. This is because of the low protein and lipid content found in tubers. While in cereals and some legumes, it is more difficult to do because of the higher protein and lipid content. The recommended way for the extraction of cereals and some legumes is to use alkali to remove the starch on the surface to produce a purer starch. There are 3 methods that can be used to produce starch, namely the extraction method using water, extraction using alkali and extraction using enzymes.

Keywords: starch, extraction, extraction method

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara agraris namun ketergantungan terhadap produk impor semakin tinggi, salah satunya terhadap terigu. Terigu dipakai dalam berbagai produk makanan termasuk mi instan sehingga penggunaan dalam negeri cukup tinggi. Berdasarkan [Badan Pusat Statistik \(BPS\) Tahun 2020](#) Indonesia mengimpor tepung terigu lebih dari 10,3 juta ton per tahun. Angka tersebut naik sekitar 2,6 juta ton dibanding tahun sebelumnya, hal ini sangat mengkhawatirkan karena ketergantungan terhadap produk impor sangat tinggi. Sementara Indonesia sendiri kaya dengan berbagai bahan pangan lokal yang sumber karbohidrat juga. Bahan pangan lokal yang menghasilkan pati adalah umbi-umbian, sereal dan kacang-kacangan. Menurut [Smith \(2001\)](#); [Streb & Zeeman \(2012\)](#), pati adalah karbohidrat non struktural utama dalam bentuk cadangan yang terdapat pada tanaman baik pada daun, bunga, buah, biji juga pada akar dan daun. Pada tanaman, pati digunakan sebagai sumber karbon dan energi yang mendorong tanaman untuk metabolisme ketika tanaman tidak dapat berfotosintesis. Selanjutnya menurut [Santana et al., \(2014\)](#); [Utrilla-Cello et al., \(2014\)](#), selama ini pemisahan pati terbatas pada beberapa jenis tanaman tradisional seperti jagung, gandum, beras, kentang, dan ubi kayu. Namun, sekarang ini muncul sumber baru sebagai sumber pati yang tidak konvensional, termasuk akar, kacang-kacangan, dan umbi-umbian dari asal lokal ([Lovera et al., 2017](#)). Pati dari umbi dan akar dapat digunakan untuk pengganti tepung terigu dalam aplikasi makanan ([Raja & Sindu, 2000](#); [Chen, et al., 2003 a, b](#); [Charles, 2007](#); [Mepba et al., 2007](#)). Namun, potensi tanaman ini belum dimanfaatkan sepenuhnya, terutama karena kurangnya pengetahuan tentang kemampuan proses dan karakterisasi dari bahan-bahan ini.

Pati terdiri dari sejumlah besar unit glukosa dengan ikatan glikosidik. Pati murni berbentuk bubuk tidak berwarna, tanpa bau dan tanpa rasa. Masing-masing tanaman punya jumlah pati yang tidak sama dan tergantung pada jenis tanamannya, umumnya mempunyai amilosa 20-25% dan amilopektin 75-80% ([Ahmed & Khan, 2013](#)). Sumber pati utama adalah sereal (40-90%), akar (30-70%), umbi-umbian (65-85%), kacang-kacangan (25-50%) dan beberapa buah yang belum matang seperti pisang atau mangga, yang mengandung sekitar 70% dari pati berdasarkan berat kering. Jumlah granula pati untuk setiap spesies botani, bervariasi menurut bentuk (bulat, ovoid, atau polihedral), ukuran partikel (0,5-100 m), struktur dan komposisi ([Smith, 2001](#)). Tiap pati memiliki ciri khas yang perlu dipelajari agar dapat digunakan secara tepat sebagai bahan baku ([Li et al., 2020](#)). Penggunaan pati sudah semakin banyak dan telah diaplikasikan pada industri sebagai sumber energi terbarukan. Pati yang telah dimodifikasi juga dapat digunakan dengan menghilangkan kekurangan dalam karakteristik aslinya ([Alcazar-Alay & Meirelles, 2015](#)).

Proses memperoleh pati dari tanaman dapat dilakukan dengan cara ekstraksi. Ekstraksi secara umum adalah proses pemisahan suatu zat dari suatu padatan maupun cairan dengan menggunakan pelarut ([Prayudo et al., 2015](#)). Proses ekstraksi dipengaruhi oleh komposisi yang

terkadang dalam bahan sehingga mempengaruhi metode ekstraksi yang dilakukan. Ekstraksi pati dari kacang-kacangan lebih kompleks dan sulit karena kandungan protein dan lipidnya yang lebih tinggi dan butiran pati yang lebih kecil dibandingkan dengan pati akar dan umbi (Kringel *et al.*, 2020). Pemilihan metode ekstraksi tergantung pada bahan baku digunakan dan sifat yang diinginkan untuk aplikasi pati (Pires *et al.*, 2021).

Pati dari semua tanaman ada yang memiliki karakterisasi serupa dan ada juga berbeda seperti butiran pati bervariasi, struktur, bentuk dan ukuran. Perbedaan ini menunjukkan asal botani dan kondisi pertumbuhannya yang memang berbeda sehingga kemungkinan cara pengambilan pati dan ada dampak yang signifikan pada produk akhir yang dihasilkan (Abera *et al.*, 2019). Akibatnya, sebelum memilih pati untuk aplikasi tertentu perlu memahami sifat pati dari berbagai sumber. Artikel ini membahas tentang komposisi pati dari berbagai sumber dan cara pengambilan pati, sementara beberapa diantaranya memang memiliki sifat yang menarik. Informasi tentang pati secara menyeluruh dari berbagai sumber belum dikumpulkan. Selain itu, pendataan sumber pati meningkatkan kemungkinan penggunaan pati lebih tinggi dalam bahan makanan sebagai pengganti produk impor. Jadi tujuan review ini adalah untuk mengumpulkan komposisi pati dari berbagai sumber tanaman, karakterisasi pati dan cara ekstrak pati dari berbagai sumber tanaman penghasil pati. Review ini dapat menunjukkan adanya alternatif tanaman pati untuk sumber produksi pati di masa depan.

2. Tanaman Sumber Pati

2.1. Umbi-umbian

Umbi-umbian yang banyak tumbuh di Indonesia seperti ubi kayu, kentang, ubi jalar Menurut Kringel *et al.*, (2020) pemisahan pati dari akar dan umbi lebih mudah dibandingkan dengan ekstraksi dari butir nadi karena akar dan umbinya mengandung butiran pati yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan oleh proses pengendapan. Prosedur yang terlibat dalam isolasi pati dari akar terdiri dari pamarutan bahan untuk memecah sel-sel dan melepaskan pati, yang diikuti dengan melewati serat melalui saringan selanjutnya dekantasi atau sentrifugasi (Daiuto *et al.*, 2005). Umbi mengandung protein dan lemak dengan jumlah yang sangat rendah sehingga ini yang memfasilitasi proses isolasi pati (Moorthy, 2004).

2.1.1 Ubi kayu (*Manihot utilissima*)

Ubi kayu merupakan umbi dengan kandungan pati yang cukup tinggi sehingga digunakan untuk industri tapioka dan turunannya. Ubi kayu segar mengandung air 60-70%, karbohidrat 12-33% sementara komponen lain seperti protein, lemak, mineral dan serat dalam jumlah yang kecil (Emmanuel *et al.*, 2012). Kadar amilosa dari ubi kayu adalah 20-27% (Moorthy, 2004). Menurut Charles *et al.*, (2005) retrogradasi pada pati akan terjadi jika semakin tinggi kadar amilosa

sehingga viskositas pati akan semakin tinggi dan mudah mengalami retrogradasi. Bentuk granula pati singkong digambarkan lonjong, terpotong, dan membulat, dengan ukuran butiran berkisar antara 2-32 μm (Zhu, 2015).

Kualitas dari pati ubi kayu yang dihasilkan dipengaruhi oleh kualitas umbi, penyimpanan umbi saat panen, dan kondisi pengeringan. Rendemen pati ubi kayu dapat mencapai 80% dari berat kering umbi singkong, bahkan lebih tinggi jika menggunakan varietas yang cocok untuk tujuan ini, seperti varietas dengan kandungan bahan kering yang tinggi dan ketebalan kulit yang tipis (Zhu, 2015; Breuninger *et al.*, 2009). Menurut penelitian Hung *et al.*, (2017) mempertahankan jumlah pati ubi kayu dengan menambahkan larutan 4,5% NaHSO₃ (b/v) selama 30 menit dilanjutkan dengan penyaringan. Pengendapan pati dilakukan dengan sentrifugasi dan dikeringkan dengan kelembaban 10-11%. Kemurnian pati singkong yang dihasilkan lebih tinggi yaitu : 98,6% pati. Morfologi pati singkong menunjukkan bentuk poligonal dan sferis berbentuk butiran dengan ukuran kurang dari 50 μm . Permukaan granula pati halus tanpa bukti retak karena rendahnya tingkat kerusakan pati selama isolasi.

2.1.2 Talas (*Colocasia esculenta*)

Talas merupakan umbi yang mengandung 13-29% pati sisanya adalah riboflavin, vitamin C dan abu (Karmakar *et al.*, 2014) air, 16% hingga 24% pati dan kurang dari 4% lipid dan protein (Hoover, 2001). Talas memiliki kandungan pati yang jauh lebih tinggi dari tanaman lain sebanding dengan kentang, ubi jalar, singkong dan sebagainya (Hazarika & Sit, 2016). Pati talas yang tinggi menjadikan sumber pati bagi industri, *swelling* dan viskositas tinggi (Alam & Hasnain, 2009). Ukuran jel talas lebih kecil karena ukuran granula patinya juga kecil (Tattiyakul *et al.*, 2006). Pati talas yang diekstraksi memiliki kemurnian 96,68% (basis kering) (Hazarika & Sit, 2016). Amilosa dalam pati talas (17,12%) hampir mirip dengan pati singkong tetapi kurang dari asli pati kentang (26,45%) dan pati kacang merah (35,6%) (Wang *et al.*, 2018).

Ekstraksi pati talas dilakukan melalui ekstraksi sederhana menggunakan air, proses *wet milling* (Ahmed & Khan 2013) dan proses sentrifugasi (Zeng *et al.*, 2014). Pati asli (tanpa proses modifikasi) mempunyai kelemahan pada pengolahan pangan karena jarak *peak viscosity*nya sempit, kurang jernih, pasta lemah ketika dipanaskan dan elastis serta menghasilkan gel yang tidak diinginkan saat didinginkan karena terjadinya retrogradasi dan presipitasi pada pati (Abbas *et al.*, 2010; Sharma *et al.*, 2015). Sifat fungsional dari pati asli dapat ditingkatkan dengan modifikasi melalui metode fisika, kimia maupun enzimatik (Deka & Sit, 2016).

2.1.3 Ubi jalar (*Ipomea batatas*)

Kadar pati dari ubi jalar adalah 70% dari total berat kering (Lu & Sheng, 1990). Menurut Zhu & Wang (2014) bentuk granula pati ubi jalar bisa bulat, poligonal, dan berbentuk oval atau

semi-oval dengan diameter berkisar antara 2 hingga 45 m. Isolasi pati dari ubi jalar tergolong mudah namun dipengaruhi oleh senyawa pigmen dan fenolik. Pada isolasi pati dari umbi ubi jalar berwarna ekstraksi menggunakan H₂O, 0,2% (b/v), NaOH, 0,2% (b/v), Na₂S₂O₅, dan 0,1% (b/v) NaHSO₃.

Larutan alkali digunakan untuk menghilangkan protein pada permukaan dari pati. Dengan menggunakan Na₂S₂O₅. Perlakuan NaHSO₃ digunakan untuk meminimalkan pencoklatan sampel selama isolasi pati (Xu *et al.*, 2018). Beberapa pigmen larut lemak, seperti karoten, ditemukan pada ubi jalar tidak dapat dihilangkan melalui H₂O, NaOH, atau Na₂S₂O₅ dalam isolasi pati. Oleh sebab itu harus menggunakan pelarut lain, termasuk anhidrat, etanol. Selain mengurangi kandungan pigmen, namun dapat meningkatkan kemurnian pati dan meningkatkan warna putih pati (Kim *et al.*, 2013). Metode ekstraksi pada ubi jalar bisa menggunakan air saja karena sudah cukup untuk menghilangkan kandungan protein, karena kandungan protein awal ubi jalar yang rendah. Pati ubi jalar yang dihasilkan menunjukkan kandungan protein, lipid, dan kadar abu (kurang dari 1%), yang menunjukkan tingkat kemurnian tinggi dari pati ubi jalar yang diisolasi (Trung *et al.*, 2017).

2.1.4 Kentang (*Solanum tuberosum*)

Umbi kentang mengandung protein 13,5, lipid 0,6 dan karbohidrat 81,4 per 100 gram bahan. Dari hasil analisa ini menunjukkan bahwa kentang dapat menjadi sumber pati yang potensial (Allemann, 2003). Menurut Bertoft & Blennow (2016) komponen utama dalam kentang adalah pati sekitar 15-20%. Pati yang terdapat dalam kentang ada 2 macam dalam bentuk polisakarida yaitu amilosa dan amilopektin. Jumlah amilosa yang terdapat dalam pati kentang adalah 20-30%.

Ukuran granula amilosa pati kentang berkisar dari 5,5-72,2 m (Huang *et al.*, 2014). Ekstraksi pati kentang relatif sederhana karena struktur jaringannya, kandungan protein dan lipid yang rendah (nilai di bawah 4%). Ekstraksi pati kentang dilakukan dengan cara penggilingan, dekantasi, sentrifugasi, pencucian berturut-turut pati dengan air suling, dan pengeringan (Kringel *et al.*, 2020). Khusus pada ekstraksi kentang ketika akan dihaluskan dicelupkan ke dalam larutan (0,35 g natrium metabisulfit/1000 ml air suling) dengan tujuan menekan oksidasi tirosin, dihidroksifenilalanin dan/atau klorogenat asam yang dikatalisis oleh polifenoloksidase serta mencegah pembentukan melanin, yang memiliki warna merah-coklat atau ekstraksi dalam kondisi vakum untuk menghilangkan oksigen. Namun, sistem ini memiliki ketidaknyamanan; bahan sisa proses juga harus tetap tertutup untuk mencegah reaksi pencoklatan (Grommers & Krogt, 2009). Pada ekstraksi kentang jika menggunakan sentrifuse maka sebaiknya menggunakan kecepatan

pada 3000 rpm selama 15 menit menghasilkan rendemen pati terekstraksi tertinggi (Altemimi, 2018).

2.2. Sereal

Sereal adalah dari keluarga rumput-rumputan *Poaceae* atau *Gramineae*, dan yang utama adalah barley, jagung, millet, oat, beras, gandum hitam, sorgum dan gandum (Wrigley, 2016). Sereal mengandung >50% pati dan zat gizi makro dan mikro lainnya untuk kesehatan dan mengandung nilai nutrisi yang penting. Secara khusus, jelai dan gandum mengandung b-glukan yang mempunyai manfaat bagi kesehatan, sementara millet dan sorgum adalah biji-bijian yang bebas dari gluten (Koehler & Wieser, 2013; Saleh *et al.*, 2013; Inglett *et al.*, 2015).

2.2.1 Beras (*Oryza sativa*)

Menurut Choi *et al.*, (2018) sereal jenis jagung, gandum, dan beras merupakan sumber pati yang banyak di dunia. Sereal asli memiliki butiran pati dengan berbagai ukuran mulai dari : 2 sampai 35 mm. Distribusi ukuran bisa normal, bimodal, atau tri modal dan kandungan amilosa biasanya antara 0-70%. Setiap biji-bijian mengandung tiga bagian utama: endosperma (70%), sekam (20%), dan dedak (10%) (Phongthai *et al.*, 2017). Metode ekstraksi pati pada serealia dipengaruhi kelarutan protein dan tingkat interaksi protein dengan pati. Protein mempunyai kemampuan untuk keseimbangan antara protein dengan pelarut (hidrofilik) dan protein-protein interaksi (hidrofobik). Protein yang berinteraksi dengan pati terjadi karena adanya elektron tarik-menarik elektrostatik dari muatan yang berlawanan yaitu, antara protein bermuatan negatif molekul dan granula pati bermuatan positif (Wang *et al.*, 2017).

Beras merupakan salah satu contoh serealia dengan struktur anatomi mirip dengan gandum; perbedaan pada bentuk butir cukup signifikan. Butir beras mengandung pati 76-90% dan sejumlah kecil protein, lipid, serat, dan abu. Butiran pati beras memiliki bentuk yang tidak teratur bentuk poligonal, dan merupakan ukuran terkecil diantara pati sereal dengan ukuran rata-rata 3-8 m. (Amagliani *et al.*, 2016; Makinen *et al.*, 2017). Pada beras jumlah amilosa dan amilopektin adalah 25% dan 75%, namun ada varietas lain dengan proporsi yang berbeda sehingga akan memberikan karakteristik berbeda juga (Techawipharat *et al.*, 2008). Sifat fisik pati dalam pasta dan gel adalah: dipengaruhi oleh kandungan amilosa, struktur rantai, dan ukuran granula pati (El Halal *et al.*, 2019).

Kandungan amilosa dapat mempengaruhi hasil pati setelah ekstraksi. Umumnya beras yang rendah amilosa akan memberikan hasil ekstrak yang lebih rendah dibandingkan dengan jenis beras lainnya. Hal ini terjadi karena penyerapan air yang lebih tinggi pada butiran beras sehingga membuat sulit untuk memisahkan protein yang menempel pada granula pati (Zavareze *et al.*, 2009). Menurut Cardoso *et al.*, (2007) protein beras dalam endosperma melekat erat pada

permukaan butiran pati, dan sulit untuk menghilangkannya. Isolasi protein pada isolasi pati lebih mahal dibandingkan pati lainnya. Selain itu pemurnian butiran pati beras terganggu oleh sedimentasi yang lambat di air, mengakibatkan kerugian selama pemisahan dan pemurnian.

2.2.2 Jagung (*Zea mays*)

Bentuk pati seperti granula kecil dengan ukuran 2 μm – 30 μm dengan bentuk polyhedral dan spherical (Paraginski *et al.*, 2014). Menurut Angellier *et al.*, (2006) pati jagung yang digunakan untuk bahan penguat (*reinforcing agent*) pada pembuatan nano kristal pati. Pati jagung sebagai biopolimer multiguna (*versatile biopolymer*) yang unggul dan dapat diaplikasikan pada industri pangan atau non-pangan, hingga farmasi. Selain itu, pati merupakan polimer yang relatif mudah diperoleh dan dapat diekstraksi dengan biaya terjangkau (Przetaczek-Rożnowska, 2017).

Selain itu, diantara pati sereal terutama jagung dianggap sebagai sumber botani yang utama digunakan pada ekstraksi pati, mewakili 80% dari produksi pati global (Paraginski *et al.*, 2019). Butiran pati dalam endosperm sebagian besar hadir sebagai butiran sederhana. Biji jagung memiliki kandungan protein 8–10%, dengan mayoritas menjadi prolamin, larut dalam larutan alkohol, dan diklasifikasikan d-zein (Laguna *et al.*, 2016). Pati jagung adalah salah satu produk yang paling banyak digunakan pati di dunia, dan sifat serta aplikasinya bergantung pada metode isolasi pati. Metode umum adalah proses penggilingan basah, dimana jagung direndam dalam larutan asam sulfat (0,2–0,4%, b/v) pada suhu sekitar 50 °C selama 24 jam. Larutan asam sulfat bertindak sebagai agen pereduksi dan memotong ikatan disulfida sehingga akan melemahnya molekul protein, longgar dan tepung jagung mudah dilepaskan. Asam laktat dapat ditambahkan dalam proses ini untuk meningkatkan efek perendaman (Li *et al.*, 2015).

Tantangan utama ekstraksi pati adalah persentase rendemen yang relatif rendah. Namun menurut Suarni *et al.*, (2013) hasil ekstraksi pati dari 11 varietas jagung di Indonesia dengan rendemen tertinggi 39.96% (varietas Srikandi putih – 1). Menurut Paraginski *et al.*, (2014) variasi rendemen pati hasil ekstraksi bisa sangat bervariasi, sesuai dengan jenis dan kondisi ekstraksi.

2.3. Kacang-kacangan

Kacang-kacangan mengandung karbohidrat dalam jumlah yang cukup tinggi 55-65% dari berat kering terdiri dari pati dan polisakarida bukan pati (*non starch polysaccharides*) berupa serat pangan, serta oligosakarida. Kadar pati total pada legume berkisar 18-49%. Kandungan lain dari kacang-kacangan yaitu mengandung protein tinggi sebesar 20-50% dan kadar lemak rendah sebesar 0,01-0,48% (Hoover *et al.*, 2010; Satya *et al.*, 2010). Salah satu jenis kacang-kacangan yang merupakan sumber pati adalah kacang hijau namun, belum banyak diketahui orang. Berdasarkan hasil penelitian kadar pati kacang hijau varietas wallet 42,11% dengan kadar amilosa yang tinggi yaitu 55,39% (Triwitono *et al.*, 2017). Menurut Punia *et al.*, (2020) kacang merah

mengandung karbohidrat khususnya pati. Jumlah pati yang terdapat dalam kacang merah adalah 25-45% dari bahan kering.

3. Metode Ekstraksi Pati

Metode pemisahan pati akan mengganggu sifat pati (Pires *et al.*, 2021). Menurut El Halal *et al.*, (2019) ada beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti kelarutan protein, tingkat interaksi protein-pati, dan karakteristik granula pati untuk memahami efek dari karakteristik khusus dari setiap sumber sereal dalam ekstraksi pati, termasuk ukuran dan morfologi butiran pati. Informasi ini dapat menghindari pemborosan reagen dan langkah-langkah yang tidak perlu untuk memfasilitasi proses ekstraksi pati.

3.1. Ekstrak dengan air

Ekstrak pati menggunakan air yang merupakan ekstraksi dengan pelarut bersifat polar (Algariri *et al.*, 2013; Fakir *et al.*, 2012). Bahan baku yang digunakan saat ekstraksi dalam keadaan segar. Pati yang diperoleh setelah ekstraksi kemudian dilakukan pengeringan. Metode ekstraksi tepung akan mempengaruhi tingkat detoksifikasi (Fakir *et al.*, 2012). Penggunaan pelarut air dapat meningkatkan jumlah pati yang dihasilkan (Amin *et al.*, 2007). Ekstraksi menggunakan air juga ramah lingkungan (Pires *et al.*, 2021). Kelemahan dalam ekstraksi air adalah menggunakan pelarut yang banyak dan untuk membantu proses ekstraksi selain itu juga dapat merusak struktur polisakarida. (Cheng *et al.*, 2015; Wang, *et al.*, 2015; Yin, *et al.*, (2011). Penggunaan air sebagai pelarut disebabkan karena jumlah air yang berlimpah dan murah. Jika ditinjau berdasarkan kepolarannya, merupakan pelarut yang baik dan aman dalam mengekstraksi komponen pada bahan pangan (Sari *et al.*, 2013).

3.2. Ekstrak dengan alkali

Ekstrak dengan alkali dapat digunakan pada beras. Ekstrak ini bertujuan untuk memisahkan protein dengan pati. Ekstraksi alkali menghasilkan pati yang lebih tinggi untuk semua jenis (15-39% lebih tinggi). Pati dari jenis yang sama, dengan metode ekstraksi air dan basa, akan menghasilkan sifat yang berbeda (Pires *et al.*, 2021). Pada ekstraksi dengan alkali menggunakan pelarut NaOH bertujuan mendapatkan hasil ekstrak yang lebih murni, karena penggunaan larutan NaOH dapat menghilangkan kotoran seperti protein, karena NaOH merupakan basa kuat yang dapat mengurai protein pada suhu kamar (Choy & Wu, 2016). Konsentrasi NaOH optimal dalam ekstraksi alkali adalah 0,15-0,18% (b/v), dan konsentrasi yang lebih tinggi dari 0,24% serta akan menyebabkan perubahan dalam granular pati (El Halal *et al.*, 2019).

3.3. Ekstraksi enzim

Enzim merupakan salah satu biokatalis dan telah banyak digunakan untuk meningkatkan ekstraksi hasil senyawa yang ditargetkan dari berbagai sumber. Selain itu, enzim pada ekstraksi

dianggap sebagai salah satu proses hijau, ramah lingkungan dan membutuhkan lebih sedikit energi. Enzim yang digunakan seperti tripsin, papain dan pektinase yang merupakan enzim pencernaan umum yang ada di tubuh manusia dan sering digunakan untuk mengekstrak polisakarida dari tubuh buah jamur dan tanaman (Cheng *et al.*, 2015; Wang, *et al.*, 2015; Yin, *et al.*, 2011). Metode ekstraksi menggunakan enzim akan menghasilkan jumlah pati yang lebih tinggi dari ekstraksi menggunakan asam pada mikro alga dan metode ini lebih cepat dan tepat dalam menentukan jumlah pati (Fernandes *et al.*, 2012).

Ekstraksi secara enzimatik merupakan proses yang paling efektif dalam pemulihan pati dari kentang yang memberikan hasil hingga 89% dibandingkan dengan ekstraksi lainnya secara konvensional dan juga menemukan kondisi operasi optimal dengan konsentrasi enzim cellulase 0,5 g /100 g tepung kentang dengan jangka waktu 5 jam dan pengenceran 20 ml (Hameed *et al.*, 2015).

4. Kesimpulan

Pati merupakan polisakarida yang digunakan tanaman untuk sumber energi dalam menjalankan proses metabolisme. Sumber pati banyak terdapat pada umbi-umbian, sereal dan beberapa kacang-kacangan. Masing-masing sumber pati mempunyai komposisi dan sifat pati yang berbeda. Perbedaan ini menyebabkan cara ekstraksi yang berbeda. Umbi-umbian merupakan bahan yang mengandung pati tertinggi sementara pada sereal dan kacang-kacangan selain mempunyai pati juga mengandung protein dan lemak hal ini menyebabkan proses ekstraksi yang dilakukan berbeda dan lebih susah dibanding dengan umbi-umbian karena harus dilakukan pemisahan dengan protein terlebih dahulu. Dengan demikian biaya yang harus dikeluarkan untuk ekstraksi pati jauh lebih tinggi dari pada umbi-umbian. Oleh sebab itu proses ekstraksi pati pada sereal dan beberapa kacang-kacangan sebaiknya menggunakan alkali. Satu hal yang harus menjadi pertimbangan dalam proses ekstraksi yaitu harus ramah lingkungan karena proses ekstraksi akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan.

Daftar Pustaka

- Abbas, K. A., Khalil, S. K., & Hussin, A. S. M. (2010). Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *Journal of Agricultural Science*, 2(2), 90-100.
- Abera, G., Woldeyes, B., Dessalegn, H., & Miyake, G.M. (2019). Comparison of Physicochemical Properties of Indigenous Ethiopian Tuber Crop (*Coccinia abyssinica*) Starch with Commercially Available Potato and wheat Starches. *International Journal Biological Macromolecul.* 140, 43–48, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.118>
- Alam, F. & Hasnain, A. (2009). Studies on Swelling and Solubility of Modified Starch from Taro (*Colocasia esculenta*): Effect of pH and Temperature, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 74 (1), 45–50.
- Alcazar-Alay, S. C. & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical Properties, Modifications and Applications of Starches From Different Botanical Sources. *Journal Food Science and Technology.* 35 (2) , 215-236. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6749>.

- Allemann J., & Hammes, P. S. (2003). Chemical Composition of South African *Plectranthus esculentus* N.E.Br. Tubers. *South African Journal of Science*. 99 (3), 127–129.
- Algariri, K., Meng, K. Y., Atangwho, I. J., Asmawi, M. Z., Sadikun, A., Murugaiyah, V., & Ismail, N. (2013). Hypoglycemic and Antihyperglycemic Study of *Gynura procumbens* Leaf Extracts. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 3(5), 358-366. [https://dx.doi.org/10.1016%2FS2221-1691\(13\)60077-5](https://dx.doi.org/10.1016%2FS2221-1691(13)60077-5)
- Altemimi, A. (2018). Extraction and Optimization of Potato Starch and Its Application as a Stabilizer in Yogurt Manufacturing. *Foods MDPI*. 7 (2), 14. <https://doi.org/10.3390/foods7020014>
- Ahmed, A & Khan, F. (2013). Extraction of Starch from Taro (*Colocasia esculenta*) and Evaluating it and further using Taro Starch as Disintegrating Agent in Tablet Formulation with Over All Evaluation. *Iventi Journal*. (2).
- Amagliani, L., O'regan, J., Kelly, A. L., & O'mahony, J. A. (2016). Chemistry, Structure, Functionality and Applications of Rice Starch. *Journal Cereal Science*. 70, 291-300 <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.014>
- Amin, A. M., Ahmad, A. S., Yin, Y. Y., Yahya, N., & Ibrahim, N. (2007). Extraction, Purification and Characterization of Durian (*Durio zibenthinus*) Seed Gum. *Food Hydrocolloids*. 21 : 273-279.
- Angellier, H., Molinaboisseau, S., Dole, P., & Dufresne, A. (2006). Thermoplastic Starch Waxy Maize Starch Nanocrystals Nanocomposites. *Biomacromolecules* 7 (2), 531-539.
- Badan Pusat Statistik. (2020). Statistik Indonesia . <http://www.bps.go.id>
- Bertoft, E & Blennow, A. (2016). Chapter 3-*Structure of Potato Starch*. *Advances in Potato Chemistry and Technology* Second edition, 57-73. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800002-1.00003-0>.
- Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K., & Sriroth, K. (2009). *Tapioca/Cassava Starch: Production and Use*. In *Starch*, 3 rd.: Elsevier : Amsterdam, The Netherlands. 541-568.
- Cardoso, M. B., Putaux, J. L., Samios, D, N. P. & Silveira, N. P. (2007). Influence of Alkali Concentration on The Deproteinization and/or Gelatinization of Rice Starch. *Carbohydrate Polymers*. 7 (2), 160-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.03.014>
- Charles, A. L., Chang, Y. H., Ko, W. C., Sriroth, K. & Huang, T. C. (2005). Influence of Amylopectin Structure And Amylose Content On Gelling Properties Of Five Cultivars Of Cassava Starches. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53 (7), 2717-2725. <http://dx.doi.org/10.1021/jf048376>
- Charles, A. L., Huang, T. C., Lai, P. Y., Chen, C. C., Lee, P. P., & Chang, Y. H. (2007) Study of Wheat Flour-Cassava Starch Composite Mix and The Function of Cassava Mucilage in Chinese Noodles. *Food Hydrocolloid*. 21, 368–378.
- Chen Z, Schols H, & Voragen, A. G. J. (2003a). Physicochemical Properties of Starches Obtained from Three Varieties Of Chinese Sweet Potatoes. *Journal Food Science*. 68 (2), 431-437.
- Chen, Z., Schols, H. A., & Voragen, A. G. J. (2003b) Starch Granule Size Strongly Determines Starch Noodle Processing and Noodle Quality. *Journal Food Science* 68, 1584–1589.
- Cheng, Z., Song, H., Yang, Y., Liu, Y., Lui, Z., Hu, H., & Zhang, Y. (2015). Optimization of Microwave-Assisted Enzymatic Extraction of Polysaccharide from The Fruit of Schisandra Chinensis Baill. *International Journal of Biological Macromolecules*, 76, 161–168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.01.048>.
- Choi, J. M., Park, C. S., Baik, M. Y., Kim, H. S., Choi, Y. S., Choi, H. W. & Seo, D. H., (2018). Enzymatic Extraction of Starch from Broken Rice Using Freeze-Thaw Infusion with Food-Grade Protease. *Starch*. 70, (1-2), 1-27 <https://doi.org/10.1002/star.201700007>.
- Choy, S. Y., & Wu, T. Y. (2016). Isolation, Characterization and The Potential Use of Starch from Jackfruit Seed Wastes as a Coagulant Aid for Treatment of Turbid Water. *Environmental*

- Science and Pollution Research. 24 (3), 2876-2889. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8024-z>
- Daiuto, M. E., Cereda, S., Sarmento, & O., Vilpoux. (2005). Effects of Extraction Methods on Yam (*Dioscorea alata*) Starch Characteristics. *Starch/Stärke*. 57 (3-40), 153–160. <http://dx.doi.org/10.1002/star.200400324>
- Deka, D. & Sit, N. (2016). Dual Modification of Taro Starch by Microwave and Other Heatmoisture Treatments. *International Journal of Biological Macromolecules*. 92, 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.07.040>
- El Halal, S. L. M., Kringel, D. H., Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2019). Methods for Extracting Cereal Starches from Different Sources: A Review. *Journal Starch-Stärke*, 1900128, 71 (11-12), 1-14. <https://doi.org/10.1002/star.201900128>
- Emmanuel, O. A., Clement, A., Agnes, S. B., Karlun, L. C., & Drinah, B. N. (2012). Chemical Composition and Cyanogenic Potential of Traditional and High Yielding CMD Resistant Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *Int. Food. Res. J.* 19(1), 175-181.
- Fakir, M. S. A., Jannat, M., Mostafa, M. G & Seal, H. (2012). Starch and Flour Extraction and Nutrient Composition of Tuber in Seven Cassava Accessions. *Journal Bangladesh Agril. Univ.* 10 (2): 217–222. <http://dx.doi.org/10.3329/jbau.v10i2.14698>
- Fernandes, B., Dragone, G., Abreu, A. P., Geada, P., Teixeira & Vicente, A. (2012). Starch Determination in *Chlorella vulgaris*—a Comparison Between Acid and Enzymatic Methods. *Journal of Applied Phycology*, 24 (5), 1203–1208.
- Grommers, H. E., & Krogt, D. A. V. D. (2009). Potato Starch: Production, Modifications and Uses In:; BeMiller, J.N., & Whistler, R.L (Eds), *Starch: Chemistry and Technology*, 3rd ed., Orlando, FL: Elsevier, Chapter 11, 511-539.
- Hameed, M., Malik, S. R., Iqbal, M. F., & Mehmood, M. (2015). Extraction of Starch from Potato by Enzymatic Process. *Science International Lahore* 27 (6), 6049-6052.
- Hazarika, B. J. & Sit, N. (2016). Effect of Dual Modification with Hydropropylation and Cross Linking on Physicochemical Properties of Taro Starch. *Carbohydrate Polymer*. 140, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.055>
- Hoover, R., Hughes, T., Chung, H. J., & Liu, Q. (2010). Composition, Molecular Structure, Properties, and Modification of Pulse Starches: A Review. *Food Research International*. 43 (2), 399-413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.001>
- Hoover, R. (2001). Composition, Molecular Structure, and Physicochemical Properties of Tuber and Root Starches: a Review. *Carbohydrate Polymers*, 45(3), 253-267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.008>
- Hung, P. V., Huong, N. T. M., Phi, N. T. L. & Tien, N. N. T. (2017). Physicochemical Characteristics and In Vitro Digestibility of Potato and Cassava Starches under Organic Acid and Heat-Moisture Treatments. *International Journal. Biological Macromolekul*. 95, 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.074>
- Huang, J., Wei, N., Li, H., Liu, S. & Yang, D. (2014). Outer Shell, Inner Blocklets, and Granule Architecture of Potato Starch. *Carbohydrate Polymer*. 103 (1), 355–358. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.12.064>
- Inglett, G. E., Chen, D. & Liu, S. X. (2015). Pasting and rheological properties of quinoa-oat composites. *International Journal of Food Science and Technology*, 50 (4), 878–884. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12722>
- Karmakar, R., Ban, D. K. & Ghosh, U. (2014). Comparative Study of Native and Modified Starches Isolated from Conventional and Nonconventional Sources. *International Food Research Journal*, 21(2), 597-602.
- Kim, J., Ren, C., & Shin, M. (2013). Physicochemical Properties of Starch Isolated from Eight Different Varieties of Korean Sweet Potatoes. *Starch/ Stärke*. 65 (11-12), 923–930. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.02.021>
- Koehler, P. & Wieser, H. (2013). Chemistry of cereal grains. In *Handbook on sourdough biotechnology*, Pp. 11–45 New York, USA: Springer Science+Business Media.

- Kringel, D. H., Halal, S. L. M. E., Zavareze, E. da R., & Dias, A. R. G. (2020). Methods for the Extraction of Roots, Tubers, Pulses, Pseudocereals, and other Unconventional Starches Sources: A Review. *Starch - Stärke*, 1900234. 72 (11-12). 1-44. <http://dx.doi.org/10.1002/star.201900234>.
- Laguna, L. D. C., Chavez, P. I. T, Wong, B. R, Ríos E. M, Rubio, A. R. I., & Millan E. C. (2016). Corn Proteins Solubility Changes During Extrusion and Traditional Nixtamalisation for Tortilla Processing: A study Using Size Exclusion Chromatography. *Journal of Cereal Science*. 69, 351-357.
- Li, Y., Liu, H., Wang, Y., Shabani, K. I., Qin, X., & Liu, X. (2020). Comparison of Structural Features of Reconstituted Dough Saffected by Starches from Different Cereals and other Botanical Cources. *Journal of Cereal Science*, 93,102937. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.10293>
- Li, X., Wang, C., Lu, F., Zhang, L., Yang, Q., Mu, J., & Li, X. (2015). Physicochemical properties of corn starch isolated by acid liquid and l-cysteine. *Food Hydrocolloids*. 44, 353-359.
- Lu, G & Sheng, J. (1990). Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) in Sweet Potato Quality Breeding. *Scientia Agricultura Sinica*, 23, 76–81.
- Lovera, M., Pérez, E., & Laurentin, A. (2017). Digestibility of starches isolated from stem and root tubers of arracacha, cassava, cush–cush yam, potato and taro. *Carbohydrate Polymers*, 176, 50-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.08.049>
- Makinen, O. E., Sozer, N., Cura, D. E., Poutanen, K. (2017). In Sustainable Protein Sources (Eds: S. Nadathur, J. P. D. Wanasundara, L. Scanlin), Academic Press, Cambridge, MA, 105–119.
- Mepba, H., Eboh, L., & Nwaojigwa, S. U. (2007). Chemical Composition, Functional and Baking Properties of Wheat-Plantain Composite Fours. *African Journal Food, Agriculture, Nutrition and Development* 7, 1–22.
- Moorthy, S. N. (2004). Tropical Sources of Starch. C.R.C. Press, Baco Raton, Florida, 321-359.
- Paraginski, R. T., Colussi, R., Dias, A. R. G., Zavareze, E. D. R., Elias, M. C., & Vanier, N. L., (2019). Physicochemical, Pasting, Crystallinity, and Morphological Properties of Starches Isolated from Maize Kernels Exhibiting Different Types of Defects. *Food Chemistry*. 274, 330-336.
- Paraginski, T. R., Vanier, N. L., Moomand, K., Oliveira, M. D., Zavareze, E., Silva, R. M., Ferreira, C. D., & Elias, M. C. (2014). Characteristics of Starch Isolated from Maize as a Function of Grain Storage Temperature. *Carbohydrate Polymers*. 102, 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.11.019>
- Phongthai, S., Homthawornchoo, W., & Rawdkuen, S. (2017). Preparation, Properties and Application of Rice Bran Protein: A review *International Food Research Journal*. 24 (1), 25-34.
- Pires, M. B., Amante, E. R., Petkowicz, C. L. D. O., Esmerino, E. A., Rodrigues, A. M. D. C., Silva, L. H. M. D. (2021). Impact of Extraction Methods and Genotypes on The Properties of Starch from Peach Palm (*Bactris gasipaes* Kunth) Fruits. *LWT Food Science Technology*. 150. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111983>
- Prayudo, A. N., Novian, O., Setyadi, S., & Antaresti, A. (2015). Koefisien Transfer Massa Kurkumin dari Temulawak. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*. 14 (1), 26-31. <https://doi.org/10.33508/wt.v14i1.1739>
- Przetaczek & Rożnowska, I. (2017). Physicochemical Properties of Starches Isolated from Pumpkin Compared With Potato and Corn Starches. *International Journal of Biological Macromolecules*. 101, 536–542. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.03.092>
- Punia, S., Dhull, S. B., Sandu, K. S, Kaur, M. Purewal, S. S. (2020). Kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) Starch- A Review. *Legume Science* 2 (3), 1-7. <https://doi.org/10.1002/leg3.52>
- Raja, M. K. C., Sindhu, P. (2000). Properties of Steam-Treated Arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch. *Starch* 52, 471–476.

- Santana, A. L., & Meireles, M. A. A. (2014). New Starches are The Trend for Industry Applications: a Review. *Food and Public Health*. 4(5), 229-241.
- Saleh, A. S. M., Zhang, Q., Chen, J. & Shen, Q. (2013). Millet grains: nutritional quality, processing, and potential health benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (3). 281–295. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12012>
- Sari, F. K., Nurhayati & Djumarti. (2014). Ekstraksi Pati Resisten dari Tiga Varietas Kentang Lokal yang Berpotensi sebagai Kandidat Prebiotik. *Berkala Ilmiah Pertanian* 1 (2), 38-42.
- Satya, S., Kaushik, G., & Naik, S. N. (2010). Processing of Food Legumes: a Boon to Human Nutrition. *Mediterranean Journal of Nutrition Metabolism*. 3 (3), 183–195. <http://dx.doi.org/10.1007/s12349-010-0017-8>
- Sharma, M., Yadav, D. N., Singh, A. K & Tomar, S. K. (2015). Rheological and Functional Properties of Heat Moisture Treated Pearl Millet Starch. *Journal of Food Science and Technology*. 52 (10), 6502–6510
- Streb, S & Zeeman, S. C. (2012). Starch Metabolism in Arabidopsis. *Arabidopsis Book*. <http://dx.doi.org/10.1199/tab.0160>
- Smith, A. M. (2001). The Biosynthesis of Starch Granules. *Biomacromolecules*. 2(2), 335-341. <http://dx.doi.org/10.1021/bm000133c>. PMID:11749190.
- Suarni, S., Firmansyah, I. U., & Aqil, M. (2013). Keragaman Mutu Pati Beberapa Varietas Jagung. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 32 (1). 50-56. <https://dx.doi.org/10.21082/jpntp.v32n1.2013.p50-56>
- Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. & Pradipasena, P. (2006). Chemical and Physical Properties of Flour Extracted From Taro *Colocasia esculenta* (L.), Schottgrown in Different Regions of Thailand, *Science Asia*. 32, 279–284. <http://dx.doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2006.32.279>
- Techawipharat, J., Suphantharika, M., & BeMiller, J. N. (2008). Effects of Cellulose Derivatives and Carrageenans on The Pasting, Paste, and Gel Properties of Rice Starches. *Carbohydrate. Polymers*. 73 (3), 417-426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.12.019>
- Triwitono, P., Marsono, Y., Murdiati, A. & Marseno, D. W. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Sifat Pati Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Beberapa Varietas Lokal Indonesia. *Jurnal Agritech* (37) 2, 192-198. DOI: <http://doi.org/10.22146/agritech.1065>
- Trung, P. T. B., Ngoc, L. B. B., Hoa, P. N., Tien, N. N. T., & Hung, P. V. (2017). Impact of Heat-Moisture and Annealing Treatments on Physicochemical Properties and Digestibility of Starches from Different Colored Sweet Potato Varieties *International. Journal Biological. Macromolecul*. 105 (1), 1071–1078. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.131>
- Utrilla-Coello, R. G., Rodríguez-Huezo, M. E., Carrillo-Navas, H., Hernández-Jaimes, C., Vernon-Carter, E. J. & Alvarez-Ramirez, J. (2014). In Vitro Digestibility, Physicochemical, Thermal and Rheological Properties of Banana Starches. *Carbohydrate Polymer*. 101, 154–162.
- Wang, X., Reddy, C. K., B. Xu, B. (2018). A Systematic Comparative Study on Morphological, Crystallinity, Pasting, Thermal and Functional Characteristics of Starches Resource Utilized in China. *Food Chemical*. 259, 81–88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.121>
- Wang, X., Appels, R., Zhang, X., Diepeveen, D., Torok, K., Tomoskozi, S., Bekes, F., Ma, W., Sharp, P. & Islam, S. (2017). Protein Interactions During Flour Mixing Using Wheat Flour With Altered Starch. *Food Chemical*. 231, 247-257. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.115>
- Wang, J., Zhao, Y., Li, W., Wang, Z., & Shen, L. (2015). Optimization of Polysaccharides Extraction from *Trichoma mongolicum* Imai and Their Antioxidant and Antiproliferative Activities. *Carbohydrate Polymers*. 131, 322–330. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.009>
- Wrigley, C. W. (2016). An Overview of The Family of Cereal Grains Prominent in World Agriculture. Oxford, England: Academic Press. 73–85. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00006-1>

- Xu, A., Guo, K., Liu, T., Bian, X., Zhang, L., & Wei, C. (2018). Effects of Different Isolation Media on Structural and Functional Properties of Starches from Root Tubers of Purple, Yellow and White Sweet Potatoes. *Molecules*. 23(9), 1-17. <https://doi.org/10.3390/molecules23092135>
- Yin, X., You, Q., & Jiang, Z. (2011). Optimization of Enzyme Assisted Extraction of Polysaccharides from *Tricholoma Matsutake* by Response Surface Methodology. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1358–1364. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.06.053>
- Zavareze, E. R., Halal, S. L. M., Pereira, J. M., Radünz, A. L., Elias, M. C., & Dias, A. R. G. (2009). Chemical Characterization and Extraction Yield of Rice Starch with Different Amylose Contents. *Braz Journal Food Technology*. II SSA, 24–30.
- Zeng, F. K., Liu, H., & Liu, G. (2014). Physicochemical Properties of Starch Extracted from *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Bun-long taro) Grown in Hunan, China. *Starch-Stärke*, 66(1-2), 142-148. <https://doi.org/10.1002/star.201300039>
- Zhu, F. (2015). Composition, Structure, Physicochemical Properties, and Modifications of *Cassava starch*. *Carbohydr Polymer*. 122, 456–480. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.063>
- Zhu, F., & Wang, S. (2014). Physicochemical Properties, Molecular Structure, and Uses of Sweetpotato Starch. *Trends Food Science Technology*. 36 (2), 68-78. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.01.008>