



## Artikel Review : Pengaruh Proses Pengolahan terhadap Sifat Fungsional Pati

### Review Article : Effect of Processing on The Functional Properties of Starch

Mimi Harni <sup>\*</sup>,<sup>1</sup>, Rivo Yulse Viza <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Lima Puluh Kota, Indonesia

\*Penulis Korespondensi

Email: [mimiharni2009@gmail.com](mailto:mimiharni2009@gmail.com)

**Abstrak.** Umbi-umbian merupakan komoditi dalam negeri yang mengandung karbohidrat. Komoditi ini ternyata dapat digunakan sebagai bahan pangan fungsional yang sebelumnya hanya digunakan sebagai sumber energi saja. Hal ini terjadi karena kurangnya informasi mengenai sifat fungsional yang dapat dimanfaatkan dari umbi ini. Artikel ini dibuat dengan tujuan sebagai informasi bahwa umbi ini selain sebagai sumber energi juga dapat memberi manfaat bagi kesehatan. Metode dari penelitian ini berdasarkan studi literatur dari jurnal maupun literatur ilmiah lainnya. Dari penelusuran literatur ternyata sifat fungsional tidak hanya berasal dari umbi saja namun dengan pengolahan juga dapat mempertahankan bahkan meningkatkan nilai fungsional ini. Senyawa fungsional yang terdapat dalam umbi-umbian berupa senyawa bioaktif. Beberapa senyawa bioaktif yang terdapat dalam umbi-umbian diantaranya saponin, protein bioaktif, senyawa fenolik, glikoalkaloid, asam fitat, karotenoid, dan asam askorbat. Kandungan ini umumnya banyak terdapat pada umbi-umbian yang belum dibudidayakan secara khusus oleh masyarakat diantaranya discorea, colocasia ataupun maranta. Beberapa proses pengolahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan sifat fungsional pada umbi-umbian khususnya pati adalah pati resisten, modifikasi dan Microwave Assisted Extract (MAE). Sifat fungsional yang terdapat dalam umbi selain terkandung dalam umbi juga dapat berasal dari proses pengolahan yang dilakukan dalam umbi-umbian ini.

**Kata kunci:** pati, pati resisten, MAE, modifikasi pati.

**Abstract.** Tubers are domestic commodities that contain carbohydrates. This commodity can be used as a functional food ingredient which was previously only used as an energy source. This occurs due to a need for more information regarding the functional properties that can be utilized from these tubers. Therefore, this article was created to provide information that apart from being a source of energy, this tuber can also offer health benefits. This research method is based on literature studies from journals and other scientific literature. From searching the literature, it turns out that functional properties come from tubers, and processing can maintain and even increase this functional value. The functional compounds contained in tubers are bioactive compounds. Some of the bioactive compounds found in tubers include saponins, bioactive proteins, phenolic compounds, glycoalkaloids, phytic acid, carotenoids, and ascorbic acid. These compounds are generally found in tubers that have not been specially cultivated by the community, including discorea, colocasia, or maranta. One of the processing methods that can be carried out to improve the functional properties of tubers, especially starch, resistant starch is the use of modification and Microwave Assisted Extract (MAE). Apart from being contained in the tubers,

*the functional properties included in the tubers can also come from the processing carried out in these tubers.*

**Keywords:** *starch, resistant starch, MAE, modified starch.*

## 1. Pendahuluan

Pati adalah salah satu bagian dari karbohidrat. Umumnya pati ini dihasilkan oleh golongan umbi-umbian, biji-bijian dan beberapa kacang-kacangan. Selama ini pati hanya digunakan sebagai sumber energi saja, padahal dapat digunakan sebagai sumber makanan fungsional. Pangan fungsional merupakan makanan yang dicari di zaman sekarang ini karena adanya perubahan pola konsumsi masyarakat ke arah yang lebih sehat. Menurut [Roos \(2004\)](#) pangan fungsional adalah makanan yang dapat memberikan manfaat untuk kesehatan di luar zat gizi dan nutrisi yang tersedia. Umbi-umbian kecuali kentang, ubi jalar, singkong, dan tanaman umbi-umbian bertepung lainnya belum dieksplorasi manfaat nutrisi dan kesehatannya untuk digunakan sebagai makanan fungsional. Beberapa umbi bahkan dapat disajikan untuk sumber obat tradisional dan alternatif. Umbi merupakan pangan fungsional potensial dan bahan *nutraceutical* bagi beberapa penyakit dan untuk kesehatan secara umum ([Chandrasekara, 2019](#)). Kebanyakan umbi-umbian yang banyak mengandung fungsional ini adalah yang belum banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Hal ini terjadi karena kurangnya pengetahuan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang nilai guna dari umbi tersebut. Oleh sebab itu sudah saatnya keanekaragaman bahan pangan yang ada di dalam negeri diangkat karena memiliki fungsi untuk kesehatan dan menurunkan resiko penyakit sehingga dapat mewujudkan kekuatan pangan lokal menjadi pangan fungsional dan berkhasiat.

Menurut [Hatmi dan Djaafar \(2014\)](#) nilai fungsional yang terdapat dalam umbi-umbian antara lain pati resisten, inulin, antosianin, glukomanan, dan indeks glikemik yang rendah. Umbi keluarga *discorea* merupakan salah satu umbi yang mengandung senyawa fungsional. Senyawa aktif dalam *dioscorea* seperti steroid sapogenin, glycans, alkaloid, tanin termasuk saponin yang memberikan ciri khas rasa pedas dan pahit ([Prakash et al., 2014](#)). Menurut [Padhan et al. \(2020\)](#) beberapa umbi *discorea* ini banyak tumbuh liar di hutan. Beberapa jenis umbi *dioscorea*, yaitu: uwi, gembili, gadung, tomboreso, jebubuk ([Purnomo et al., 2012](#)).

Umbi lain dari keluarga *colocasia* memiliki senyawa fungsional PLA (Polisakarida larut dalam Air). PLA ini merupakan jenis serat pangan larut air yang bersifat hidrokoloid. Bahan yang bersifat hidrokoloid banyak digunakan oleh kolesterol darah (hipokolesterolemik) dan memperbaiki profil lipid (hipolipidemik) ([Herlina & Lindriati, 2014](#)). Umbi garut keluarga *maranta* juga memiliki sifat fungsional dalam bentuk pati resisten tipe II sebesar 2,12% dan 1,7% serat ([Rudianto et al., 2013](#); [Faridah et al., 2014](#)). Selain itu garut juga merupakan jenis umbi yang mempunyai indeks glikemik rendah yaitu 14 ([Setyowati, 2012](#)).

Senyawa fungsional yang terdapat dalam umbi-umbian berupa senyawa bioaktif atau prebiotik dan senyawa fungsional yang dihasilkan melalui proses pengolahan seperti pati resisten, proses modifikasi dan ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE), sehingga dapat mempertahankan bahkan meningkatkan sifat fungsional yang terdapat pada pati. Tujuan artikel ini dibuat untuk memberikan informasi mengenai bioaktif yang terdapat dalam umbi-umbian, maupun dari proses pengolahan yang dapat dilakukan pada umbi-umbian agar memberi manfaat bagi kesehatan.

## 2. Senyawa Bioaktif

Menurut [Firdiyani et al. \(2015\)](#) bioaktif merupakan senyawa yang terkandung dalam tubuh hewan maupun tumbuhan. Senyawa bioaktif pada tumbuhan merupakan metabolit sekunder yang mempunyai efek farmakologi atau toksikologi pada manusia dan hewan. Metabolit sekunder diproduksi di dalam tanaman selain sebagai biosintesis utama juga terkait dengan pertumbuhan dan perkembangan. Senyawa ini melakukan beberapa hal penting dalam fungsi pada tanaman, termasuk perlindungan dari yang tidak diinginkan, efek daya tarik penyerbuk, atau sinyal penting fungsi. Senyawa bioaktif pada umbi-umbian diantaranya yaitu saponin, protein bioaktif, senyawa fenolik, glikoalkaloid, asam fitat, karotenoid, dan asam askorbat. Beberapa bioaktivitas pada umbi-umbian yaitu aktivitas antioksidan, imunomodulator, antimikroba, antidiabetik, antiobesitas, dan hipokolesterolemia ([Chandrasekara & Kumar, 2016](#)). Toksikologi merupakan racun yang secara alami telah terdapat dalam umbi-umbian, dan biasanya digunakan oleh tanaman untuk melawan serangan jamur, serangga, serta predator. Racun pada umbi-umbian ini biasanya dapat dikurangi dengan melakukan penanganan maupun pengolahan terlebih dahulu sebelum digunakan ([Firdiyani et al. 2015](#)).

Senyawa fenol berfungsi sebagai antioksidan yang banyak ditemukan pada tumbuhan seperti fenolat sederhana, asam fenolat, flavonoid, kumarin, stilben, tanin, lignan, dan lignin. Jumlah senyawa fenolik yang ada dalam tanaman bervariasi dan dipengaruhi faktor seperti kultivar, kondisi lingkungan, praktik budaya, praktik pascapanen, kondisi pemrosesan, dan penyimpanan. Fenolat yang ada dalam umbi memberikan beberapa manfaat kesehatan yaitu antibakteri, antiinflamasi, dan antimutagenik ([Naczki & Shahidi, 2006](#)). Kandungan protein pada umbi-umbian akar bervariasi umumnya protein dari umbi-umbian akar dalam makanan kurang dari 3%. Namun, di Negara-negara Afrika, dapat bervariasi dari 5 hingga 15% ([FAO, 1999](#)). Protein dalam umbi-umbian dalam bentuk dioscorin ditemukan di daerah tropis. Dioscorin mampu mencapai 90% dari total protein, larut air dan terekstrak pada berbagai spesies *dioscorea* ([Hou et al., 1999](#)).

Jenis pengolahan pada pati akan mempengaruhi bioaktivitas senyawa penyusunnya ([Chandrasekara & Kumar, 2016](#)). Proses pengolahan yang dapat dilakukan pada pati adalah pati

resisten, modifikasi pati dan *Microwave-Assisted Extraction* (MAE). Menurut [Narwojsz et al. \(2020\)](#) metode perlakuan termal memiliki efek yang berbeda pada pati terutama pada komponen bioaktif seperti vitamin C, total fenol, senyawa mineral, dan sifat antioksidan. Metoda pemanasan dengan menggunakan microwave akan menghasilkan pati dengan kandungan pati resisten, total fenol, vitamin C, dan mineral yang lebih tinggi dibandingkan dengan metoda lain. Selain itu pati dengan pemanasan *microwave* juga menunjukkan sifat antioksidan yang lebih kuat.

### 3. Pati Resisten

Pati resisten (RS) adalah bagian dari pati, yang lolos pada pencernaan di usus kecil sehingga dapat difermentasi di usus besar ([Navarre et al., 2009](#)). Pati resisten merupakan serat pangan dan merupakan bahan yang paling banyak digunakan dalam pangan fungsional ([Hale et al., 2008](#)). Pati resisten (RS) akan mengurangi akumulasi lemak, menunjukkan efek signifikan pada pengaturan metabolisme glukosa darah dan kadar insulin, serta memiliki efek perlindungan pada usus ([Wen et al., 2022](#)). Pati resisten ini bermanfaat bagi kesehatan seperti mengurangi risiko penyakit seperti: obesitas, penyakit jantung, dan kanker ([Nulty & Pantiava, 2004](#)). Manfaat mengonsumsi pati resisten adalah indeks glikemik berkurang secara konsisten sehingga baik bagi para penderita diabetes. Pati resisten termasuk kepada jenis prebiotik. Fermentasi mikroba pati resisten terjadi di usus besar untuk menghasilkan asam lemak rantai pendek sehingga mendukung beberapa efek biologis, termasuk meningkatkan rasa kenyang ([Lockyer & Nugent, 2017](#)). Asam lemak rantai pendek adalah penghubung antara mikrobiota usus dan pati resisten. Pati resisten ini dapat meningkatkan metabolisme mikrobiota usus serta meningkatkan jumlah mikroba yang bermanfaat di usus ([Wen et al., 2022](#)).

Pembentukan pati resisten dipengaruhi oleh sifat intrinsik pati (misalnya struktur granula pati, struktur kristal pati, dan rasio amilosa terhadap amilopektin), komponen non-pati (misalnya protein, lipid dan gula) serta kondisi penyimpanan dan pemrosesan ([Shen et al., 2022](#)). Menurut [Hou et al. \(2000\)](#) pati resisten telah diklasifikasikan menjadi lima jenis: pati resisten 1 merupakan bentuk pati yang secara fisik yang tidak dapat diakses oleh enzim pencernaan karena terperangkap dalam matriks makanan seperti biji-bijian dan pada sebagian biji-bijian yang digiling. Pati ini dapat digunakan sebagai makanan konvensional karena stabil dalam pengolahan ([Chen et al., 2003](#)). Pati resisten 2 terdiri dari butiran asli yang tidak dimasak seperti kentang mentah atau pati pisang, yang kristalinitasnya membuatnya tahan terhadap hidrolisis enzimatis ([Hou et al., 2000](#)). Pati ini tahan terhadap pencernaan karena strukturnya yang kompak ([Chen et al., 2003](#)). Jenis pati resisten 2 yaitu pati jagung amilosa tinggi, unik karena stabil dalam pengolahan. Pati resisten 3 merupakan pati yang telah mengalami retrogradasi ([Hou et al., 2001](#)). Pembentukan pati resisten 3 dilakukan dengan menggelatinisasi pati, kemudian didinginkan agar terjadi retrogradasi ([Hsu et al., 2002](#)).

Pati resisten 3 dipengaruhi oleh tingkat polimerisasi (Derajat polimerisasi/DP) amilosa, DP pati resisten 3 akan meningkat dan mencapai maksimum pada 100 DP kemudian konstan (Shewry, 2003). Secara kimiawi pati resisten 3 merupakan fraksi pati yang tahan terhadap pencernaan dan dispersi enzimatis dengan dimetil sulfoksida atau KOH (Yeh *et al.*, 1997). Pati resisten 4 adalah pati yang dimodifikasi secara kimia dan termasuk modifikasi seperti esterifikasi, eterifikasi, atau ikatan silang. Bahan kimia modifikasi mencegah pencernaan pati dengan memblokir akses ke enzim (Chen *et al.*, 2003; Yeh *et al.*, 1997). Pati resisten 5 selain karakteristik struktural, faktor intrinsik lainnya makanan bertepung dapat mempengaruhi aktivitas enzim sehingga pati mengalami kerusakan. Pati resisten 5 adalah pati kompleks amilosa-lipid (Dale *et al.*, 1993). Lima jenis RS memiliki respons berbeda terhadap penyakit kronis dengan memodulasi mikrobiota usus (Wen *et al.*, 2022).

#### 4. Modifikasi Pati

Pati alami memiliki beberapa sifat yang tidak diinginkan seperti kelarutan yang buruk, sifat fungsional yang buruk, kandungan pati resisten yang lebih rendah, retrogradasi yang berkurang, dan stabilitas yang buruk pada berbagai suhu, pH yang membatasi aplikasinya dalam makanan. Metode modifikasi yang berbeda digunakan untuk meningkatkan kinerja dan memperluas penerapannya (Chen *et al.*, 2022). Modifikasi pati merupakan perubahan struktur molekul pati yang dapat dilakukan dengan cara fisik, kimia dan enzimatis. Setiap perlakuan modifikasi pada jenis pati yang berbeda akan menghasilkan karakteristik pati modifikasi yang berbeda-beda pula (Volkert *et al.*, 2010).

Modifikasi fisik telah diterima secara luas karena rendahnya biaya, keamanan, dan efektif, teknologi hijau (tidak memerlukan reagen kimia) alternatif untuk meningkatkan penerapan pati, dengan mencapai properti khusus yang ditingkatkan untuk jenis aplikasi tertentu (Punia, 2020). Modifikasi fisik seperti pra-gelatinisasi, proses termal; perlakuan panas-kelembaban (HMT) dan dua proses hidrotermal. *Annealing* dan HMT adalah metode yang paling umum digunakan dan efektif dalam mengubah sifat pati, seperti kristalinitas relatif, kapasitas penyerapan air, dan sifat menempel, mempertahankan integritas molekul pati. Perawatan hidrotermal ini juga mempengaruhi pencernaan pati: yang sangat penting dalam memberikan manfaat kesehatan bagi konsumen, pada pati yang dapat dicerna dilakukan secara perlahan (SDS) sehingga terbentuk pati resisten (RS) dan pengurangan pati yang dapat dicerna dengan cepat (RDS) (Alay & Meireles, 2015; Punia, 2020).

Metoda pada modifikasi kimia adalah asam (hidrolisis), oksidasi, esterifikasi dan ikatan silang (Jayakody & Hoover, 2002). Teknik modifikasi kimia yang berbeda berpengaruh terhadap komposisi, morfologi dan sifat fisik pati yang dimodifikasi dan kondisi pemrosesan harus dipilih

dan dirancang dengan cermat untuk mendapatkan pati modifikasi yang berkualitas tinggi (Wang *et al.*, 2022). Modifikasi kimia ini dilakukan dengan cara memasukkan gugus fungsi ke dalam polimer molekul granula pati dalam bentuk aslinya yang akan membawa perubahan khas pada sifat fisikokimia molekul pati. Jenis modifikasi ini menghasilkan reflektif modifikasi dalam gelatinisasi, komposisi proksimat, karakteristik penempelan dan retrogradasi granula pati asli (Din *et al.*, 2015). Modifikasi kimia merupakan teknik modifikasi pati yang paling umum untuk meningkatkan fungsionalitas pati. Pada modifikasi kimia, pati dapat diubah menjadi pati resisten yang mempunyai manfaat bagi kesehatan (Wang *et al.*, 2022). Pati resisten pada modifikasi kimia adalah tipe IV (RS4) yang terbentuk saat pati termodifikasi menggunakan ester maupun pati ikatan silang (Sajilata *et al.*, 2006; Zaragoza *et al.*, 2010).

Metoda modifikasi enzimatik merupakan metoda alternatif dalam memodifikasi pati. Metoda enzim lebih aman dan lebih sehat dari pada metode kimia baik untuk lingkungan dan makanan (Park *et al.*, 2018). Pada modifikasi enzim terjadi pengurangan energi input dan dampak lingkungan, karena sifat spesifisitas dan selektivitas yang tinggi. Enzim yang terlibat dalam modifikasi seperti lakase, lipase, peroksidase, tirosinase, dan transglutaminase. Sifat enzim untuk secara khusus memodifikasi struktur makromolekul untuk mengontrol fungsi polimer dan reaksi enzimatik seperti amidasi, dation dan asilasi tampaknya menjadi cara yang paling relevan untuk mengubah sifat polisakarida. Polifenol-oksidadase, lipase, dan transglutaminase terutama digunakan untuk mengkatalisis reaksi-reaksi ini. Sifat fisikokimia seperti: kelarutan, perilaku reologi, aktivitas antioksidan dan biologi sifat fisical seperti adhesi sel, aktivitas antimikroba bisa ditingkatkan dengan fungsi enzimatik (Karaki *et al.*, 2016). Modifikasi enzimatik memodifikasi pati asli dengan mengubah viskositas, kelarutan dan gelasi karakteristik yang menemukan aplikasi luas dalam makanan, kertas, industri tekstil dan lain-lain (Wang & Wang, 2001; Virtanen *et al.*, 1993).

### 5. *Microwave-Assisted Extraction (MAE)*

MAE biasanya digunakan untuk mengekstraksi senyawa bioaktif yang terdapat dalam tanaman secara cepat, selain membatasi degradasi senyawa bioaktif contohnya dalam mengekstraksi senyawa fenolik dengan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional lainnya, seperti soxhlet. Selain itu, efek gangguan dinding sel dalam sampel akibat radiasi gelombang mikro dari MAE dapat diamati melalui pemindaian mikroskop elektron (SEM). Penggunaan MAE dapat dibenarkan lebih lanjut dengan fitur ramah lingkungan yang mengurangi penggunaan pelarut organik selama proses ekstraksi (Rombaut *et al.*, 2014). MAE biasanya mengambil senyawa bioaktif seperti: seperti karotenoid (Kiss *et al.*, 2005), polifenol total (Pavlić



*et al.*, 2017; Zeković *et al.*, 2017), antosianin (Sun *et al.*, 2007; Yang & Zhai, 2010), solidroside dan tirosol (Mao *et al.*, 2007).

MAE merupakan radiasi gelombang mikro sebagai sumber pemanas dan cepat, memiliki kemampuan untuk menembus sampel di waktu yang singkat dengan interior sampel yang mengarah pada peningkatan laju ekstraksi melalui rotasi dipol dan konduksi ionik (Maran dan Prakash, 2015). Ekstraksi dengan MAE merupakan proses yang relatif baru dan dikembangkan untuk mengalahkannya kelemahan utama dari teknik konvensional (misalnya ekstraksi padat-cair) seperti waktu ekstraksi yang lama, pemulihan senyawa target yang rendah dan pemanfaatan pelarut yang tidak ramah lingkungan. Pemanfaatan MAE memungkinkan efisiensi transfer termal yang lebih tinggi karena pemanasan disebabkan oleh sumber elektromagnetik yang berlawanan dengan sumber panas. Pemanasan selama MAE terjadi pada bejana ekstraksi secara bersamaan yang menyebabkan pemanasan seragam dibandingkan dengan pemanasan permukaan yang digunakan dalam ekstraksi konvensional (Mandal *et al.*, 2015).

Microwave selain digunakan untuk ekstraksi juga telah dilakukan untuk modifikasi pati. Menurut Zailani *et al.* (2022) pati sagu yang dimodifikasi dengan perlakuan panas gelombang mikro menunjukkan kelarutan yang lebih baik dalam air (95°C), kapasitas mengikat minyak dan air, dan kandungan pati resisten (RS). Peningkatan kandungan amilosa dan derajat heliks ganda serta perubahan pada morfologi granula pati. Perlakuan panas *microwave* adalah perlakuan pemanasan yang efisien yang menggunakan waktu yang lebih singkat untuk perlakuan pati dibandingkan dengan pemanasan konvensional. Ini menggunakan iradiasi gelombang mikro yang menembus matriks pati menimbulkan getaran yang menghasilkan panas oleh gesekan (Wang *et al.*, 2019). Perlakuan *microwave* digunakan dalam pengobatan jagung, kentang, kastanye, pati kacang tanah Bambara, dan banyak lagi (Wang *et al.*, 2019; Oyeyinka *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2018; Mutlu *et al.*, 2017). Perlakuan ini dapat menyebabkan perubahan pada morfologi granula dan struktur kristal. Hal ini juga menyebabkan putusannya rantai panjang di pati (Xie *et al.*, 2013). Selain itu, *microwave* membantu pengobatan dalam meningkatkan sifat fisikokimia asli pati (Oyeyinka *et al.*, 2019). Studi sebelumnya melaporkan potensi pengobatan gelombang mikro dalam meningkatkan resistensi (RS) terjadi secara perlahan-lahan pada pati yang dapat dicerna (SDS) (Wang *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2018).

Energi gelombang mikro adalah non ionisasi radiasi dengan rentang frekuensi antara 300 dan 300.000 MHz yang menyebabkan gerakan molekul melalui dua mekanisme: migrasi ion dan rotasi dipol (Kingston & Haswell, 1997). Prinsip kerja *microwave* adalah gelombang mikro memanaskan molekul dengan mekanisme ganda konduksi ionik dan rotasi dipol. Konduksi ion dan rotasi dipol biasanya terjadi secara bersamaan baik dalam pelarut dan sampel, yang secara

efektif dalam mengubah energi gelombang mikro menjadi energi termal. Konduksi ionik menghasilkan panas karena resistensi medium terhadap aliran ion. Pada 2,45 GHz molekul pelarut mencoba untuk menyelaraskan diri dalam medan listrik. Hal ini menyebabkan getaran, dan beberapa tumbukan yang dihasilkan dari agitasi molekul ini, yang pada gilirannya menghasilkan pelepasan energi, akibat adanya gaya gesekan sehingga akan meningkatkan suhu (Camel, 2000; Paré *et al.*, 1994). Prosedur ekstraksi dengan pelarut *microwave* sangat baik untuk komponen mudah rusak untuk mencegah degradasi (Liompart *et al.*, 2018).

## 6. Kesimpulan

Umbi-umbian dapat dijadikan bahan pangan fungsional karena kandungan senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Senyawa bioaktif ini sangat sensitif terhadap pengolahan oleh sebab itu harus dipilih proses pengolahan yang dapat mempertahankan bahkan meningkatkan senyawa fungsional yang terdapat dalam umbi-umbian ini. Proses pengolahan yang dapat dilakukan pada pati adalah: pati resisten, modifikasi pati, dan MAE. Proses pengolahan yang dipilih sebaiknya ramah lingkungan dan aman bagi orang yang mengonsumsinya.

## Daftar Pustaka

- Alay, S. C. A., & Meireles, M. A. A. (2015). Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Science and Technology*, 35(2), 215–236. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6749>
- Camel, V. (2000). Microwave-Assisted Solvent Extraction of Environmental Samples. *TrAC Trends Analytical Chemical*, 19, 229–248. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(99\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(99)00185-5)
- Chandrasekara. (2019). Chapter roots and tubers as functional foods. *Bioactive Molecules in Food*. Editors Merillon, J. M., Ramawat, K. G. Springer. 1441-1469.
- Chandrasekara, A & Kumar, T. J. (2016). Roots and tuber crops as functional foods: A Review on Phytochemical Constituents and Their Potential Health Benefits. *International Journal of Food Science*, 2016, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2016/3631647>
- Chen, S., Qin, L., Chen, T., Yu, Q., Chen, Y., Xiao, W., Ji, X., & Xie, J. (2022). Review. Modification of starch by polysaccharides in pasting, rheology, texture and *in vitro* digestion: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 207, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.02.170>
- Chen, H. L., Wang, C. H., Chang, C. T & Wang, T. C. (2003). Effects of Taiwanese yam *Dioscorea japonica* Thunb var. *pseudojaponica* Yamamoto) on upper gut function and lipid metabolism in Balb/c mice. *Nutrition*, 19(7-8), 646–651. [https://doi.org/10.1016/s0899-9007\(03\)00058-3](https://doi.org/10.1016/s0899-9007(03)00058-3)
- Dale, M. F. B., Griffiths, D. W., Bain, H., & Todd, D. (1993). Glycoalkaloid increase in *Solarium tuberosum* on exposure to light. *Annals of Applied Biology*, 123(2), 411–418. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04103.x>
- Din, Z., Xiong, H., & Fei, P. (2015). Physical and chemical modification of starches - A Review. *Food Science and Nutrition*, 57(12), 2691-2705 <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2015.1087379>
- FAO. (1999). *Production Year Book*. Food and Agriculture Organization. Rome. Italy. 53.



- Faridah, D. N., Fardiaz, D., Andarwulan, N. & Sunarti, T. C. (2014). Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Maranta arundinaceae*). *Agritech*, 34(1), 14-21. <https://doi.org/10.22146/agritech.9517>
- Firdiyani, F., Agustini, T. W., & Ma'ruf. W. F. (2015). Ekstraksi senyawa bioaktif sebagai antioksidan alami *Spirulina platensis* segar dengan pelarut yang berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18(1), 28-37. <https://doi.org/10.17844/jphpi.2015.18.1.28>.
- Hale, A. L., Reddivari, L., Nzaramba, M. N., Bamberg, J. B., & Miller, J. C. J. (2008). Interspecific variability for antioxidant activity and phenolic content among *Solanum* species. *American Journal of Potato Research*, 85(5), 332–341. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9035-1>
- Hatmi, R. U., & Djaafaar, T. F. (2014). Keberagaman Umbi-umbian sebagai Bahan Pangan Fungsional. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Yogyakarta. pp 950-960.
- Herlina, & Lindriati, T. (2014). *Produksi polisakarida larut air dari biji buah durian (*Durio zibenthinus* Murr) dan aplikasinya untuk pangan fungsional sebagai hipolidemik*. Respiratory Universitas Jember. [https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/63247/herlina\\_stranas\\_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/63247/herlina_stranas_10.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hou, W. C., Lee, M. H., Chen, H. J., Liang, W. L., Han, C. H., Liu, Y. W., & Lin, Y. H. (2001). Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) tuber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10), 4956–4960. <https://doi.org/10.1021/jf010606m>
- Hou, W. C., Chen, H. J., & Lin, Y. H. (2000). Dioscorins from different *Dioscorea* species all exhibit both carbonic anhydrase and trypsin inhibitor activities. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41(3), 191–196. [https://www.researchgate.net/publication/244478565\\_Dioscorins\\_from\\_different\\_Dioscorea\\_species\\_all\\_exhibit\\_both\\_carbonic\\_anhydrase\\_and\\_trypsin\\_inhibitor\\_activities](https://www.researchgate.net/publication/244478565_Dioscorins_from_different_Dioscorea_species_all_exhibit_both_carbonic_anhydrase_and_trypsin_inhibitor_activities)
- Hou, W. C., Chen, H. J., & Lin, Y. H. (1999). Dioscorins, the major tuber storage proteins of yam (*Dioscorea batatas* Decne), with dehydroascorbate reductase and monodehydroascorbate reductase activities. *Plant Science*, 149(2), 151–156. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00152-1](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00152-1)
- Hsu, F. L., Lin, Y. H., Lee, M. H., Lin, C. L., & Hou, W. C. (2002). Both dioscorin, the tuber storage protein of yam (*Dioscorea alata* cv. Tainong No. 1), and its peptic hydrolysates exhibited angiotensin converting enzyme inhibitory activities. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6109–6113. <https://doi.org/10.1021/jf0203287>
- Jayakody, L., & Hoover, R. (2002). The effect of lintnerization on cereal starch granules. *Food Research International*, 35(7), 665–680. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00204-6](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00204-6)
- Karaki, N., Aljawish, A., Humeau, C., Muniglia, L., & Jasniewski, J. (2016). Enzymatic modification of polysaccharides: Mechanisms, properties, and potential applications: A review. *Enzyme and Microbial Technology*, 90, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2016.04.004>
- Kingston, H. M., & Haswell, S. J. (1997). *Microwave-enhanced chemistry*; American Chemical Society Washington, DC.
- Kiss, A. S., Milotay, P, Kerek, M. M, Markus, M. T., & Kiss, J. (2005). Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. *Food Research Internasional*, 38, 1023-1029. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.03.014>
- Li, Y. D., Xu, T. C., Xiao, J. X., Zong, A. Z., Qiu, B., Jia, M., ..., & Liu, W. (2018). Efficacy of potato resistant starch prepared by microwave-toughening treatment. *Carbohydrate Polymers*, 192, 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.076>

- Liompart, M., Jares.C. G., Celeiro, M., & Dagnac, T. (2018). Microwave Assisted Extraction. *Encyclopedia of Analytical Science*. 67-77. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14442-7>
- Lockyer, S., & Nugent, A. P. (2017). Health effects of resistant starch. *Nutrition bulletin*, 42(1), 10–41. <https://doi.org/10.1111/nbu.12244>
- Mandal, S. C., Mandal, V., & Das, A. K. (2015). Classification of extraction methods. *Essentials of Botanical Extraction – Principles and Applications*. Academic Press. Cambridge USA. 83–136. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-802325-9.00006-9>
- Mao, Y., Li, Y., & Yao, N. (2007). Simultaneous determination of salidroside and tyrosol in extracts of *Rhodiola L.* by microwave assisted extraction and high-performance liquid chromatography. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 45(3), 510–515, <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2007.05.031>
- Maran, J. P., & Prakash, K. A. (2015). Process variables influence on microwave assisted extraction of pectin from waste *Carcia papaya L.* Peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, 73, 202–206, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.11.008>
- Mutlu, S., Kahraman, K., & Oztürk, S. (2017). Optimization of resistant starch formation from high amylose corn starch by microwave irradiation treatments and characterization of starch preparations. *International Journal of Biological Macromolecules*, 95, 635–642. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.11.097>
- Naczka, M., & Shahidi, F. (2006). Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41(5), 1523–1542, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpba.2006.04.002>
- Narwojsz, A., Borowska, E. J., Sliwinska, M. P., & Oziewicz, M. D. (2020). Effect of different methods of thermal treatment on starch and bioactive compounds of potato. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75, 298-304. <https://doi.org/10.1007%2Fs11130-020-00808-0>
- Navarre, D. A., Goyer, A., & Shakya, R. (2009). Nutritional value of potatoes; vitamin, phyto-nutrient and mineral content, In *Advances in Potatoes Chemistry and Technology*, J. Singh and L. Kaur, Eds., Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Nulty, H. M., & Pentieva, K. (2004). Folate bioavailability. *Proceedings of the Nutrition Society*, 63(4), 529–536. <https://doi.org/10.1079/PNS2004383>
- Oyeyinka, S. A., Umaru, E., Olatunde, S. J., & Joseph, J. K. (2019). Effect of short microwave heating time in the physicochemical and functional properties of Bambara groundnut starch. *Food Bioscience*, 28, 36–41. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.01.005>
- Padhan, B., Biswas, M., & Panda, D. (2020). Nutritional, Anti-Nutritional and Physico Functional Properties of Wild Edible Yam (*Dioscorea spp.*) Tubers from Koraput, India. *Food Bioscience*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100527>
- Park, S. H., Na, Y., Kim, J., Dal Kang, S., & Park, K. H. (2018). Properties and applications of starch modifying enzymes for use in the baking industry. *Food science and biotechnology*, 27(2), 299-312. <https://doi.org/10.1007%2Fs10068-017-0261-5>
- Paré, J. R. J., Bélanger, J. M. R., & Stafford, S. S. (1994). Microwave-Assisted Process (MAP™): A New Tool for the Analytical Laboratory. *TrAC, Trends Analytical Chemistry*, 13, 176–184. [https://doi.org/10.1016/S0167-9244\(97\)80019-4](https://doi.org/10.1016/S0167-9244(97)80019-4)
- Pavlič, B., Teslić, N., Vidaković, A., Vidović, S., Velićanski, A., Versari, A., ..., & Zeković, Z. (2017). Sage processing from by-product to high quality powder: I. Bioactive potential, *Industrial Crops and Product*, 107, 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.031>
- Prakash, G., Hosetti, B. B., & Dhananjaya, B. L. (2014). Antimutagenic Effect of *Dioscorea pentaphylla* on Genotoxic Effect Induced by Methyl Methanesulfonate in The *Drosophila* Wing Spot Test. *Toxicol International*, 21(3), 258-263. <https://dx.doi.org/10.4103%2F0971-6580.155341>

- Punia, S. (2020). Barley starch modifications: Physical, chemical and enzymatic – a review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 144, 578–585. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.088>
- Purnomo, Daryono, B. S., Ruqayah & Sumardi, I. (2012). Studi Etnobotani *Dioscorea* spp. (*Dioscoreaceae*) dan Kearifan Budaya Lokal Masyarakat di Sekitar Hutan Wonosadi Gunung Kidul Yogyakarta. *Jurnal Natur*, 14(3), 191-198 <http://dx.doi.org/10.31258/jnat.14.3.191-198>
- Rombaut, N., Tixier, A. S., Bily, A., & Chemat, F. (2014). Green extraction processes of natural products as tools for biorefinery. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 8(4), 530-544. <https://doi.org/10.1002/bbb.1486>
- Roos, N. M. D. (2004). *The potential and limits of functional foods in preventing cardiovascular disease*. In: *Functional foods, cardiovascular disease and diabetes*. Arnold, A. (Ed). CRC Press. Boca Raton. Pp. 1-9
- Rudianto, B., & Widarawati, R. (2013). Upaya peningkatan kandungan pati umbi garut dengan perlakuan bokhasi dan pengolahan tanah. *Agros*, 15(1), 44-51. [https://123dok.com/document/yjown2kz-peningkatan-kandungan-perlakuan-pengolahan-increasing-arrowroot-processing-treatment.html#google\\_vignette](https://123dok.com/document/yjown2kz-peningkatan-kandungan-perlakuan-pengolahan-increasing-arrowroot-processing-treatment.html#google_vignette)
- Sajilata, M. G., Singhal, R. S., & Kulkarni, P. R. (2006). Resistant starch a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(1), 1–17. <http://doi.org/fnkfw>
- Setyowati, N. (2012). Perbanyak garut (*Maranta arundinacea* L.) dari bibit cabutan sisa panen dengan aplikasi berbagai pupuk kandang. *Jurnal Ilmiah Pangan*, 21(4), 389-396, <https://doi.org/10.33964/jp.v21i4.206>
- Shen, L., Li, J., & Li, Y. (2022). Review article: Resistant starch formation in rice: genetic regulation and beyond. *Plant communications*, 3(3). <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100329>
- Shewry, P. R. (2003). Tuber storage proteins. *Annals of Botany*, 91(7), 755–769. <https://doi.org/10.1093/aob/mcg084>
- Sun, Y., Liao, X., Wang, Z., Hu, X., & Chen, F. (2007). Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins in red raspberries and identification of anthocyanin of extracts using high-performance liquid chromatography–mass spectrometry. *Eur. Food Research. Technology*, 225, 511–523. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0447-1>.
- Virtanen, T., Autio, K., Suortti, T., & Poutanen, K. (1993). Heat-induced changes in native and acid-modified oat starch pastes. *Journal of Cereal Science*, 17(2), 137–145. <https://doi.org/10.1006/jcrs.1993.1014>
- Volkert, B., Lehmann, A., Greco, T., & Nejad, M. H. (2010). A comparison of different synthesis routes for starch acetate and the resulting mechanical properties. *Carbohydrate Polymer*, 79, 571-577. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.09.005>
- Wang, Z., Mhaske, P., Farahnaky, A., Kasapis, S., & Majzoobi, M. (2022). Cassava starch: Chemical modification and its impact on functional properties and digestibility, a review. *Food Hydrocolloids*, 129. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107542>
- Wang, M., Sun, M., Zhang, Y., Chen, Y., Wu, Y., & Ouyang, J. (2019). Effect of microwave irradiation-retrogradation treatment on the digestive and physicochemical properties of starches with different crystallinity. *Food Chemistry*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125015>
- Wang, L., & Wang, Y. J. (2001). Structures and physicochemical properties of acid-thinned corn, potato, and rice starches. *Starch/Starke*, 53(11), 570–576. [https://doi.org/10.1002/1521-379X\(200111\)53:11%3C570::AID-STAR570%3E3.0.CO;2-S](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200111)53:11%3C570::AID-STAR570%3E3.0.CO;2-S)
- Wen, J. J., Li, M. Z., Hu, J. L., Tan, H. Z., & Nie, S. P. (2022). Resistant starches and microbiota. *Food Chemistry*, 387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132895>

- Xie, Y., Yan, M., Yuan, S., Sun, S., & Huo, Q. (2013). Effect of microwave treatment on the physicochemical properties of potato starch granules. *Chemistry Central Journal*, 7(113), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-113>
- Yang, Z., & Zhai, W. (2010). Optimization of microwave-assisted extraction of anthocyanins from purple corn (*Zea mays* L.) cob and identification with HPLC-MS. *Innovative Food Science Emerging Technologies*, 11(3), 470–476, <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.03.003>.
- Yeh, K. W., Chen, J. C., Lin, M. I., Chen, Y. M. & Lin, C. Y. (1997). Functional activity of sporamin from sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.): A tuber storage protein with trypsin inhibitory activity. *Plant Molecular Biology*, 33(3), 565–570. <https://doi.org/10.1023/a:1005764702510>
- Zailani, M. A., Kamilah, H., Husaini, A., Seruji, A. Z. R. A., & Sarbini, S. R. (2022). Functional and digestibility properties of sago (*Metroxylon sagu*) starch modified by microwave heat treatment. *Food Hydrocolloids*, 122, 107042. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107042>
- Zaragoza, E. F., Navarrete, M. J. R., Zapata E, S., & Alvarez, J. A. P. (2010). Resistant starch as functional ingredient: A review. *Food Research International*, 43(4), 931–942. <http://doi.org/fgpc2w>
- Zeković, Z., Pintać, D., Majkić, T., Vidović, S., Dukić, N., M., Teslić, N., ..., & Pavlić, B. (2017). Utilization of sage by-products as raw material for antioxidants recovery –ultrasound versus microwave-assisted extraction, *Industrial Crops Products*, 99, 49–59, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.01.028>.