p-ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410
AGROINTEK
Jurnal Teknologi Industri Pertanian
journal homepage: journal.trunojoyo.ac.id/agrointek

Sifat kimia, dan fungsional mocaf *(Modified cassava flour)* dengan perbedaan suhu dan waktu pregelatinisasi

Saskia Fitriana[1], Nurud Diniyah[1,2*], Achmad Subagio[1], Eko Priyantono[1], Eka Rahayu[3], Mahrus Irsyam[4]

[1]*Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia*
[2]*Kelompok Riset Katahanan Pangan dan Pertanian Industrial, Universitas Jember, Jember, Indonesia*
[3]*Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Gunung Kidul, Indonesia*
[4]*Magister Teknologi Agroindustri, Universitas Jember, Jember, Indonesia*

Article history
Diterima:
3 Juni 2025
Diperbaiki:
27 Agustus 2025
Disetujui:
6 November 2025

Keyword
Heating temperature; Heating time; MOCAF; Pregelatinization

ABSTRACT

Starch can be modified through physical treatment, particularly by using the pregelatinizing technique. Pregelatinizing is a hydrothermal modification process that involves heating starch beyond its gelatinization temperature. This treatment improves the physicochemical and functional characteristics of starch (MOCAF), thereby enhancing its performance in various applications. This study aims to determine the effect of temperature and pre-gelatinization time on the physicochemical and functional properties of pregelatinizing of MOCAF. The research method used a randomized block design (RBD) with two factors. The factor A was heating time (10, 15, and 20 minutes), and factor B was heating temperature (90, 100, and 110^{0}C). The parameters of the observations made include syneresis, swelling power, solubility, Water Holding Capacity (WHC), Oil Holding Capacity (OHC), moisture content, ash content, starch content, amylose content, and amylopectin content with two repetitions. The best results showed the treatment of 20 minutes heating time and a temperature of 110^{0}C with characteristics syneresis 0.45 ± 0.02 (g/g); swelling power 19.64 ± 0.41 (%); solubility 10.30 ± 0 .40 (%); WHC 235.52 ± 0.43 (%); OHC 159.13 ± 0.37 (%); moisture content 9.92 ± 0.08 (%); amylopectin content 57.75±0.21 *(%); amylose content* 31.22±0.01 *(%); and starch content* 85.20±0.02 *(%). Modification methods using pregelatinizing MOCAF with temperature treatment and heating time had a significant effect on syneresis, swelling power, solubility, WHC, OHC, moisture content, ash content, amylose content, starch content, and amylopectin content so, MOCAF with pregelatinizing can be widely used for applications in the food, cosmetic, pharmaceutical and paper industries.*

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi
Email : nurud.ftp@unej.ac.id
DOI 10.21107/agrointek.v20i2.30293

PENDAHULUAN

MOCAF *(Modified Cassava Flour)* merupakan tepung ubi kayu yang diproduksi dengan prinsip modifikasi sel melalui metode fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (Subagio et al. 2022). Dibandingkan dengan tepung terigu, MOCAF memiliki kandungan kalsium dan serat lebih tinggi, kadar lemak dan kadar gula lebih rendah sehingga aman dikonsumsi bagi penderita diabetes, autis dan *celiac disease* (Resthi dan Zukryandry, 2021). Dengan berbagai kelebihan karakteristik yang dimiliki, MOCAF dapat direkomendasikan menjadi alternatif pengganti tepung terigu sebagai bahan utama pembuatan produk pada industri pangan.

Pada industri pangan, standar karakteristik pati yang digunakan antara lain memiliki viskositas stabil pada suhu tinggi dan rendah, daya pengentalannya tahan pada kondisi suhu tinggi dan asam, serta memiliki daya tahan yang baik terhadap perlakuan mekanis (Koswara 2013). Berdasarkan penelitian (Aini et al. 2016) Pati memiliki beberapa kelemahan, yaitu tidak tahan terhadap suhu yang tinggi, kondisi pH, suhu, dan tekanan tertentu. Kendala lain dalam aplikasi MOCAF pada produk pangan yaitu rendahnya kelarutan dan daya kembang MOCAF dalam pembentukan adonan. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi pati untuk memperbaiki karakteristiknya.

Modifikasi pati dapat dilakukan secara fisik dengan metode pregelatinisasi karena biaya yang diperlukan relatif sedikit, ramah lingkungan, dan tidak memberikan efek yang berdampak bagi produk dan kesehatan. Beberapa penelitian telah penulis lakukan terhadap MOCAF dengan modifikasi fisik menggunakan metode *annealing* (Ararinda Kusweni et al. 2024) dan perbedaan suhu dan konsentrasi MOCAF pregel (Shahira et al. 2023). Pregelatinisasi adalah proses modifikasi pati secara fisik atau hidrotermal dengan cara pemanasan di atas suhu gelatinisasi. Suhu gelatinisasi MOCAF yaitu 52–65^{o}C (Wanita dan Wisnu, 2013). Menurut (Gbenga et al. 2014), pregelatinisasi dapat meningkatkan sifat fisikokimia dan fungsional dari pati. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh perlakuan suhu dan waktu pregelatinisasi terhadap sifat fungsional dan kimia MOCAF.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan pembuatan MOCAF dan bahan analisis. Bahan pembuatan MOCAF termodifikasi pregelatinisasi antara lain ubi kayu varietas Kaspro berusia 10 bulan yang diperoleh dari petani di Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember, starter MOCAF, skim bubuk, akuades, gula halus, vitamin B kompleks, asam sitrat, garam dapur, air, dan *aluminium foil*. Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis antara lain HCl 25%, NaOH 1 N dan NaOH 45%, etanol 80% dan 95%, asam asetat, minyak, iodin, buffer pH, reagen arsenomolibdat, reagen nelson, amilosa murni, heksana, *tissue*, kapas, dan kertas saring.

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan MOCAF termodifikasi pregelatinisasi antara lain neraca analitik (Ohaus), blender (Phillips, Type HR 2116), *waterbath* (Labtech), pisau, *chips slicer*, bak plastik, loyang, ayakan 100 *mesh*, *glassware*, dan pH meter. Peralatan yang digunakan untuk analisis antara lain *hot plate* (Merk Ika Tipe Hs-7), tanur (Carbolite), oven (Memmert), sentrifus (HERMLE Z 206 A), vorteks (Maxi Max 1 Type 16700 Mixer), refrigerator (Sharp), freezer (Sharp), spektrofotometer (UV-Vis Shimadzu 1800), *magnetic stirrer*, *thermometer*, botol timbang, pipet pump, ayakan 100 *mesh*, pendingin balik, kuvet, cawan porselen, alat gelas, desikator, penjepit, tabung reaksi, dan tabung sentrifugasi.

Metode Penelitian

Pembuatan MOCAF

Pembuatan MOCAF mengacu pada penelitian (Subagio et al. 2022). Tahap awal dilakukan sortasi ubi kayu, kemudian ubi kayu dikupas dan dicuci dengan air mengalir. Ubi kayu yang sudah bersih lalu dipotong menggunakan *chip slicer* dengan ukuran ketebalan sekitar 1-1,5 mm. Selanjutnya, ubi kayu yang sudah dipotong, ditimbang dan dimasukkan ke dalam bak fermentasi yang sudah berisi asam sitrat dan starter MOCAF yang sudah diaktifkan sehari sebelumnya. Proses perendaman berlangsung selama 24 jam. *Chips* yang sudah selesai difermentasi kemudian dicuci dan ditiriskan, kemudian direndam dalam bak berisi garam untuk menghentikan proses fermentasi. Perendaman ini berlangsung selama 10 menit, dilanjutkan dengan proses penirisan, lalu dilakukan pengeringan

menggunakan matahari (*sun drying*) selama 5 jam dalam rentang waktu 2 hari. Hasil *chips* kering kemudian digiling menggunakan blender dengan kecepatan pada level 2 dan diayak menggunakan ayakan 100 *mesh*.

Pembuatan MOCAF Pregelatinisasi

Pembuatan MOCAF modifikasi secara pregelatinisasi mengacu pada penelitian (Kalsum and Surfiana 2013), yang telah dimodifikasi. Prosedur pembuatan MOCAF modifikasi secara pregelatinisasi adalah sebagai berikut: sebanyak 50 g MOCAF dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan dilarutkan secara homogen ke dalam 25 ml akuades. Larutan tersebut dipanaskan hingga mencapai suhu sesuai perlakuan untuk melakukan proses pregelatinisasi. Suhu yang digunakan untuk pregelatinisasi yaitu pada suhu 90^{o}C, 100 ^{o}C dan 110^{o}C selama 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Pengukuran suhu pertama dilakukan dengan cara termometer dimasukkan ke dalam suspensi pati hingga mencapai suhu yang diinginkan. Lama pregelatinisasi dihitung saat suspensi pati sudah mencapai suhu 90^{o}C, 100 ^{o}C dan 110^{o}C. MOCAF yang telah dipanaskan dikeringanginkan pada suhu ruang selama 20 menit dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan *cabinet dryer* pada suhu 60^{o}C selama ±24 jam. MOCAF yang sudah kering kemudian dilakukan penghalusan dengan menggunakan blender selanjutnya, diayak menggunakan ayakan *Tyler* 100 *mesh*.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak kelompok (RAK) dua faktor, yaitu faktor pertama waktu pemanasan pregelatinisasi dengan tiga taraf terdiri atas 10 menit, 15 menit, dan 20 menit. Faktor kedua yaitu suhu pemanasan pregelatinisasi dengan tiga taraf antara lain 90^{o}C, 100^{o}C, dan 110^{o}C. Sampel terdiri atas 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan. Data hasil pengujian dianalisis ragam menggunakan ANOVA dan apabila terdapat perbedaan nyata, maka dilanjutkan dengan uji DNMRT pada taraf uji $\alpha \leq$ 5%. Data diolah dengan SPSS 25. Hasil disajikan dalam bentuk diagram batang.

Analisis yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Analisis sineresis

Pengujian sineresis mengacu pada metode (Thitipraphunkul et al. 2003) menggunakan metode *freeze-thaw*. Penimbangan botol sentrifus kosong. MOCAF sebanyak 0,5 g ditimbang dan ditambahkan akuades sebanyak 10 ml, kemudian dipanaskan dengan menggunakan *waterbath* suhu 95^{o}C selama 15 menit. MOCAF didinginkan pada suhu ruang selama 30 menit, kemudian dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan antara endapan dan supernatan kemudian, endapan (pasta) ditimbang untuk mengetahui berat awal. Selanjutnya, dibekukan pada suhu -16^{o}C selama 24 jam dan dicairkan pada suhu 25^{o}C selama 4 jam lalu, dilakukan sentrifugasi kembali untuk memisahkan endapan, dan supernatan. Supernatan yang dihasilkan kemudian ditimbang. Setelah itu, MOCAF dibekukan kembali dengan kondisi yang sama hingga lima hari.

Analisis swelling power

Pengujian *swelling power* mengacu pada (Kaur et al. 2011) yang dimodifikasi. MOCAF sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi lalu, ditambah dengan akuades sebanyak 5 ml dan dicampur hingga homogen. Suspensi MOCAF modifikasi kemudian dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 60^{o}C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan sesaat sebelum kemudian disentrifus dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Supernatan dipisahkan kemudian pasta ditimbang.

Analisis kelarutan

Pengujian kelarutan mengacu pada (Kaur et al. 2011) yang dimodifikasi. MOCAF modifikasi sebanyak 0,05 g dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 5 ml akuades dan dicampur hingga homogen. Suspensi kemudian dipanaskan dalam *water bath* pada suhu 60^{o}C selama 30 menit. Selanjutnya suspensi didinginkan, kemudian supernatan dipisahkan dari larutannya dengan cara disentrifugasi dengan kecepatan 2500 rpm selama 15 menit. Kemudian supernatan didekantasi dan dikeringkan pada oven suhu 105^{o}C sampai beratnya konstan.

Analisis Water Holding Capacity (WHC)

Pengujian *Water Holding Capacity* (WHC) mengacu pada (Huang et al. 2019) yang dimodifikasi. Sebanyak 2 g MOCAF modifikasi ditambah dengan 10 ml akuades, kemudian dilakukan pengocokan menggunakan vortex pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi MOCAF modifikasi disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan.

Analisis Oil Holding Capacity

Pengujian *Oil Holding Capacity* (OHC) mengacu pada (Huang et al. 2019) yang dimodifikasi. Sebanyak 1 g MOCAF ditambah dengan 5 ml minyak, kemudian dilakukan pengocokan menggunakan vortex pada suhu ruang selama 1 menit hingga homogen. Selanjutnya suspensi MOCAF disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit dan dilakukan pemisahan supernatan.

Analisis kadar air

Pengujian kadar air mengacu pada (AOAC 2019) menggunakan metode gravimetri. Prosedur analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut: botol timbang yang akan digunakan dikeringkan selama 60 menit pada suhu 100-105°C, setelah itu didinginkan dalam desikator untuk menurunkan suhu dan menstabilkan kelembaban (RH) selama 15 menit. Kemudian, botol timbang kosong ditimbang (A). Tahap selanjutnya, MOCAF modifikasi ditimbang dalam botol timbang dan dicatat (B). Bahan dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C-105°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dalam desikator, ditimbang dan diulang hingga bobot konstan (C). Rumus kadar air terdapat pada Persamaan (1).

$$Kadar\ air\ (\%) = \frac{B\text{-}(C\text{-}A)}{B} x100\% \quad (1)$$

Analisis kadar abu

Pengujian kadar abu mengacu pada (AOAC 2019). Cawan abu porselin kosong dimasukkan ke dalam oven 100°C selama 60 menit. Cawan abu porselin dikeluarkan dan didinginkan untuk mengetahui bobot cawan kosong (A). Sampel ditimbang 2 g dan dimasukkan ke dalam cawan abu porselin (B). Sampel dimasukkan ke dalam tanur bersuhu 550°C-600°C selama 5 jam atau sampai pengabuan sempurna, sehingga diperoleh abu berwarna putih. Setelah selesai, tanur dimatikan hingga suhu 25°C, kemudian cawan porselin dikeluarkan dengan menggunakan penjepit dan dimasukkan ke dalam desikator selama 30 menit, sampel dan cawan abu ditimbang (C). Rumus kadar abu terdapat pada Persamaan (2).

$$Kadar\ abu\ (\%) = \frac{B\text{-}(C\text{-}A)}{B} x100\% \quad (2)$$

Analisis kadar pati

Pengujian kadar pati menggunakan metode hidrolisis asam yang mengacu pada (Nagahata et al. 2013), kemudian dilanjutkan dengan penentuan gula reduksi dengan metode Nelson-Somogyi. Standar yang digunakan adalah glukosa murni dan berat glukosa dikalikan 0.9 merupakan berat pati. Rumus kadar pati terdapat pada Persamaan (3):

$$\text{Kadar pati } (\%) = \%gula\ reduksi \times 0.90 \quad (3)$$

Analisis kadar amilosa

Pengujian kadar amilosa mengacu pada (Nagahata et al. 2013) menggunakan metode spektrofotometri dengan amilosa murni sebagai standar. Tepung modifikasi dipanaskan 70°C, 1 jam untuk membentuk gel yang sebelumnya ditambahkan etanol 95% dengan NaOH 1N, didinginkan, dan ditera dengan akuades. Larutan dipipet ke dalam labu takar. Asam asetat 1N, larutan iodin ditambahkan ke dalam larutan sebelumnya dan ditera dengan akuades hingga tanda batas, dibiarkan selama 20 menit, dibaca dengan spektrometer pada panjang gelombang 625 nm. Rumus kadar amilosa terdapat pada Persamaan (4).

$$\text{Kadar amilosa } (\%) = \frac{(A\ x\ Fp\ x\ V)}{W} x100\% \quad (4)$$

Keterangan:
A : konsentrasi amilosa dari kurva standar (mg/ml)
Fp : faktor pengencer
V : volume awal (ml)
W : bobot sampel (mg)

Analisis kadar amilopektin

Pengujian kadar amilopektin menggunakan metode *by difference*, yaitu dengan menghitung selisih antara kandungan pati total dan amilosa. Rumus kadar amilopektin terdapat pada Persamaan (5).

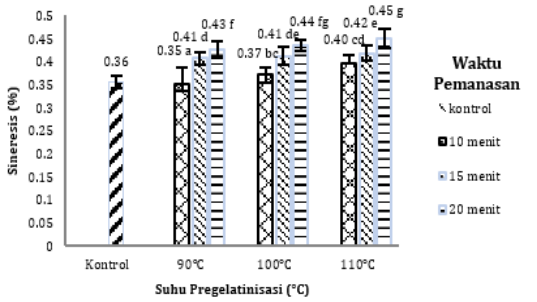
$$Kadar\ amilopektin(\%) = \%kadar\ pati - \%kadar\ amilosa \quad (5)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sineresis

Hasil analisis pada Gambar 1 menunjukkan perbedaan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap sineresis dengan nilai berkisar 0,35±0,04-0,45±0,02 (%) sedangkan,

MOCAF kontrol sebesar 0,36±0,04 (%). Nilai sineresis kontrol lebih rendah dibandingkan dengan sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi). Hal ini dapat terjadi karena selama proses gelatinisasi, sel pati lebih banyak menyerap molekul air sehingga pada penyimpanan suhu rendah terbentuk molekul air yang berubah menjadi kristal es (Haryanti et al. 2014).

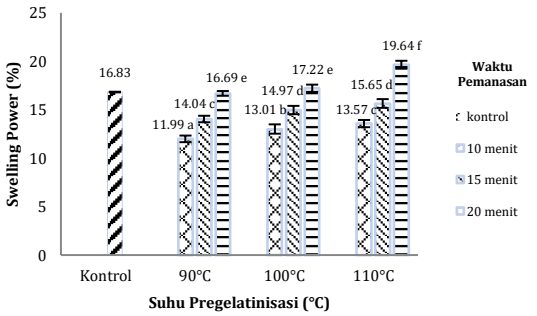


Gambar 1 Sineresis MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu pemanasan

Nilai sineresis pada sampel MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan suhu dan waktu pregelatinisasi. Hal ini sesuai dengan (Haryanti et al. 2014), pemasakan dengan suhu tinggi dapat meningkatkan nilai sineresis karena perlakuan suhu tinggi menyebabkan adanya pemutusan rantai polimer amilosa sehingga memiliki rantai pendek dominan. Hal ini mengakibatkan amilosa cenderung lebih mudah untuk berikatan kembali dan memiliki ikatan yang kuat, sehingga terjadi retrogradasi. Retrogradasi menyebabkan semakin banyak air yang terpisah dari gel pati ketika diletakkan pada suhu ruang. Dengan demikian, nilai sineresis menjadi lebih tinggi (Bhat and Riar 2017). (Iwansyah et al. 2022) melaporkan, peningkatan suhu pregelatinisasi menghasilkan pati dengan amilosa tinggi yang kurang stabil terhadap penyimpanan beku. Selain itu, meningkatnya nilai sineresis menjadi indikasi adanya perubahan struktur pati yang lebih *porous* (Zhang et al. 2019).

Swelling power

Hasil analisis pada Gambar 2 menunjukkan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap nilai *swelling power* dengan nilai berkisar antara 11,99±0,34-19,64±0,41 (%) sedangkan, MOCAF kontrol sebesar 16,83±0,41 (%). Nilai *swelling power* MOCAF tanpa perlakuan pregelatinisasi (kontrol) tinggi karena dipengaruhi oleh proses fermentasi. Struktur granula pati merenggang pada saat fermentasi sehingga mudah menyerap air dan mengembang. Pendapat ini diperkuat oleh (Diniyah et al. 2019) bahwa proses fermentasi pada MOCAF menyebabkan struktur granula pati merenggang sehingga mudah mengikat air dan mengembang.



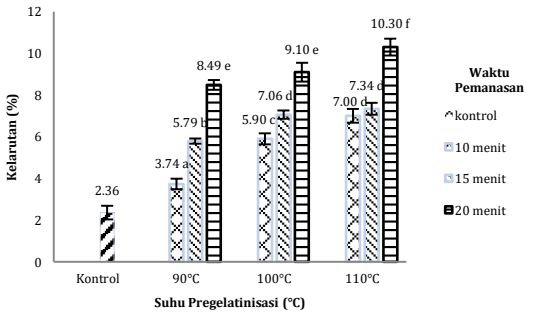
Gambar 2 *Swelling power* (%) MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu pemanasan

(Ulfa et al. 2021), *swelling power* modifikasi pregelatinisasi ubi jalar meningkat dibandingkan pati alami. Penelitian dengan menggunakan pati singkong menunjukkan karakteristik *swelling power* berubah dengan meningkatnya suhu pregelatinisasi. Selama proses pengeringan, panas dapat menyebabkan gelatinisasi parsial pada permukaan granula pati menghasilkan pembentukan jembatan padat. Jembatan kokoh ini membantu partikel-partikel pati untuk saling menempel sehingga membentuk partikel granular yang dapat menyerap air lebih banyak sehingga meningkatkan *swelling power* (Santos et al. 2019). Peningkatan nilai *swelling power* berdasarkan (Nafi' et al. 2022) disebabkan karena pada saat suhu meningkat rongga-rongga udara terbentuk dan mudah menyerap air sehingga ukurannya akan membesar dan terjadi pengembangan. *Swelling power* juga dipengaruhi oleh keberadaan gugus amilosa sebagai salah satu komponen penyusun pati. Semakin lama waktu proses pemasakan, maka semakin banyak amilosa yang tereduksi, sehingga penurunan jumlah amilosa dan mengakibatkan kenaikan *swelling power* (Putri et al. 2018).

Kelarutan

Hasil analisis pada Gambar 3 menunjukkan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap nilai kelarutan dengan nilai berkisar antara 3,74±0,25–10,30±0,40 (%) sedangkan, MOCAF kontrol sebesar 2,36±0,33 (%).

Nilai kelarutan sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi. Kondisi ini terjadi karena, sampel kontrol tidak melalui tahapan pemasakan dengan menggunakan suhu yang cukup tinggi (pregelatinisasi). (Haryanti et al. 2014), perlakuan suhu tinggi akan menyebabkan amilosa mengalami depolimerisasi yang mengakibatkan amilosa menghasilkan rantai yang lebih sederhana yaitu rantai yang pendek dan mudah larut dalam air. Hal ini menyebabkan nilai kelarutan dari sampel MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan perlakuan (modifikasi).



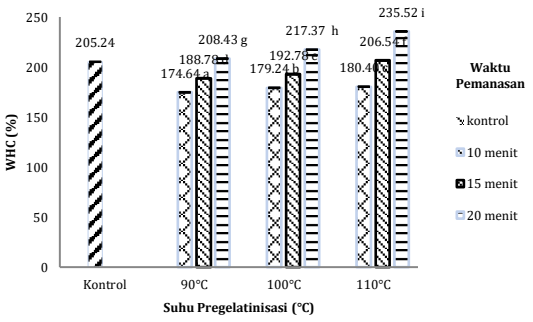
Gambar 3 Kelarutan MOCAF pregelatinisasi variasi suhu dan waktu pemanasan

Peningkatan kelarutan terjadi karena lama pemanasan suspensi pati pada saat pregelatinisasi sehingga terjadi depolimerisasi dan menghasilkan amilosa dengan bobot molekul yang rendah. Amilosa dengan bobot molekul rendah memiliki rantai lurus yang pendek sehingga cenderung lebih mudah larut dalam air (Kalsum and Surfiana 2013). Adanya perlakuan suhu tinggi menyebabkan rongga-rongga udara terbentuk dan mudah menyerap air sehingga terbentuk ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air yang lebih besar. Ikatan hidrogen dapat menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga pati dapat larut (Palanisamy et al. 2020).

Water Holding Capacity (WHC)

Hasil analisis pada Gambar 4 menunjukkan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap nilai WHC dengan nilai berkisar 174,64±0,47-235,52±0,43 (%) sedangkan, MOCAF kontrol sebesar 205,24±0,29 (%).

WHC dari sampel MOCAF tanpa perlakuan pregelatinisasi (kontrol) menunjukkan nilai yang tinggi dibandingkan dengan perlakuan pregelatinisasi dengan waktu 10 menit dan 15 menit baik pada suhu 90°C maupun 100°C, ini dapat terjadi karena pada MOCAF tanpa pregelatinisasi diduga struktur pati masih utuh dan mampu menyerap air secara alami dibandingkan dengan struktur pati pada MOCAF pregelatinisasi suhu 90°C dan 100°C selama 10 menit hingga 15 menit. Sedangkan pada suhu 90°C dan 100°C selama 20 menit dan suhu 110°C selama 15 menit hingga 20 menit terjadi peningkatan nilai WHC, ini diduga karena proses gelatinisasi terjadi secara optimal dan pemecahan granula pati sepenuhnya terjadi dengan mengubah struktur kristalin pati menjadi *amorf* dan *porous* sehingga gel terbentuk lebih stabil dan maksimal sehingga kemampuan menyerap dan menahan air lebih baik. Perubahan fase kristalin menjadi *amorf* menyebabkan pati mudah mengikat air karena air yang masuk pada bahan akan terperangkap pada bagian *porous* (Bankole et al. 2013). Nilai WHC yang tinggi dapat disebabkan oleh penggunaan suhu pregelatinisasi yang tinggi dengan waktu 15 menit. Pada tepung ubi jalar, waktu optimum untuk pre-gelatinisasi guna mencapai WHC maksimum yaitu pada lama kondisi pregelatinisasi 15 menit (Ulfa et al. 2021).

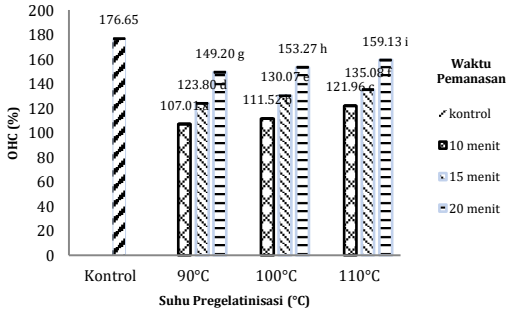


Gambar 4 *Water Holding Capacity* (WHC) MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu pemanasan

Peningkatan nilai WHC pada MOCAF pregelatinisasi terjadi pada suhu 90°C dan 100 °C dengan lama waktu 15 menit serta suhu 110 °C, waktu 10 menit dikarenakan tingginya gugus hidroksil dalam molekul pati yang berperan dalam penarikan air karena penggunaan suhu tinggi. Semakin banyak gugus hidroksil dalam molekul pati, kemampuan menyerap air semakin besar (Pangesti et al. 2014). Nilai WHC meningkat seiring dengan adanya peningkatan suhu dan lama waktu pregelatinisasi. Hal ini disebabkan karena terbentuknya rongga-rongga udara pada saat pemanasan suhu tinggi dan mudah menyerap air sehingga terbentuknya ikatan hidrogen antara pati dengan molekul air yang lebih besar. Ikatan hidrogen dapat menahan air untuk keluar dari granula pati sehingga menyerap air dalam jumlah banyak dan menyebabkan struktur pati stabil saat dipanaskan dan digantikan oleh ikatan hidrogen yang mengakibatkan terjadinya pengembangan pada granula pati (Palanisamy et al. 2020).

Oil Holding Capacity (OHC)

Hasil analisis pada Gambar 5 menunjukkan variasi suhu dan waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap nilai OHC dengan nilai berkisar 107,01±0,51-159,13±0,34 (%), sedangkan MOCAF kontrol sebesar 176,65±0,34 (%).



Gambar 5 *Oil Holding Capacity* (OHC) MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu pemanasan

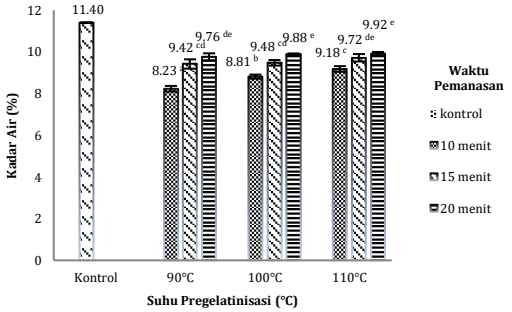
Nilai OHC sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih tinggi dibandingkan dengan sampel MOCAF dengan modifikasi. Tingginya nilai OHC MOCAF tanpa perlakuan (kontrol) disebabkan karena pada proses fermentasi terjadi liberasi granula pati yang menyebabkan perubahan struktur dari pati. Liberasi granula pati mengakibatkan struktur pati bersifat hidrofobik dan mengakibatkan tingginya kemampuan pati dalam mengikat minyak (Diniyah et al. 2019).

Nilai OHC semakin tinggi dengan penggunaan suhu dan lama waktu pemasakan namun lebih rendah daripada kontrol. Peristiwa ini dapat terjadi karena proses pemanasan (pregelatinisasi) suhu tinggi dengan waktu yang lama menyebabkan pemotongan rantai percabangan amilopektin menjadi amilosa rantai lurus dengan panjang rantai lebih pendek, bobot molekul rendah, dan gugus hidroksil lebih banyak, sehingga kemampuan interaksi dengan minyak (OHC) mengalami peningkatan meskipun peningkatannya sangat terbatas karena minyak bersifat hidrofobik (Pratama et al. 2021). Hal ini diperkuat (Aini et al. 2016) bahwa pregelatinisasi dengan waktu pemasakan lama dengan suhu tinggi, terjadi degradasi makromolekul menjadi molekul yang lebih sederhana yang semakin besar. Makromolekul yang relatif kompak dapat berubah menjadi *porous* karena terpecah molekul pati menjadi molekul sederhana dengan bobot molekul rendah sehingga renggang dan lebih mudah menyerap minyak.

Kadar Air

Hasil analisis pada Gambar 6 menunjukkan variasi suhu dan waktu berpengaruh nyata terhadap kadar air nilai berkisar antara 8,23±0,13-9,92±0,08%, sedangkan nilai MOCAF kontrol yaitu 11,40±0,02%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai kadar air sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih tinggi dibandingkan MOCAF dengan modifikasi. Tingginya nilai kadar air pada sampel MOCAF tanpa perlakuan pregelatinisasi (kontrol) karena semakin tinggi nilai kadar pati dalam MOCAF semakin tinggi pula gugus hidroksil dalam pati. Gugus hidroksil berperan dalam mengikat air sehingga semakin tinggi kadar pati MOCAF semakin besar kemampuan gugus hidroksil dalam mengikat air (Kusumawati and Putri 2013). Peningkatan kadar air pada MOCAF pregelatinisasi dengan semakin lamanya waktu dan suhu pemanasan terjadi karena pati menyerap air kembali dalam jumlah besar yang disebabkan oleh pregelatinisasi (Ariyantoro et al. 2020). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian (Lestari et al. 2019) bahwa granula pati pregelatinisasi akan lebih mudah menyerap air karena memiliki rongga dan partikel yang lebih besar akibat lemahnya ikatan hidrogen antara amilosa dan amilopektin. Dengan demikian, nilai kadar air meningkat

seiring dengan meningkatnya suhu pregelatinisasi. Nilai kadar air MOCAF pregelatinisasi masih memenuhi persyaratan mutu SNI, yaitu maksimal sebesar 11%.



Gambar 6 Kadar air MOCAF pregelatinisasi dengan variasi suhu dan waktu pemanasan

Kadar pati

Kadar pati sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi (Tabel 1). Namun, seiring dengan meningkatnya lama pregelatinisasi, kadar pati semakin menurun. Hal ini dapat terjadi karena selama proses pregelatinisasi (modifikasi) terjadi pelepasan amilosa dan mengalami retrogradasi sehingga nilai pati MOCAF dengan perlakuan (modifikasi) lebih tinggi (Yuliwardi et al. 2014).

Pada saat suspensi pati dipanaskan di atas temperatur gelatinisasinya, akan mengakibatkan granula pati membengkak dan bercampur dengan air membentuk pasta sehingga terjadi *leaching* atau rusaknya molekul pati. Selain itu, suhu yang semakin tinggi dapat mengakibatkan pengembangan granula pati diikuti dengan proses pelarutan fraksi amilosa dan pemecahan granula pati yang mengakibatkan nilai kadar pati yang semakin turun (Kurniawan et al. 2015).

Kadar amilosa

Kadar amilosa sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi. Namun, seiring meningkatnya suhu dan lamanya waktu pregelatinisasi kadar amilosa semakin menurun karena berat molekul amilosa rendah (Tabel 1). Molekul amilosa memiliki struktur yang lebih sederhana karena memiliki rantai lurus yang pendek sehingga sangat mudah larut dalam air (Haryanti et al. 2014). Selama proses pregelatinisasi, molekul amilosa terpecah karena proses pemanasan dengan intensitas tinggi sehingga amilosa meluruh dan bobot molekulnya rendah. Hal ini dapat terjadi karena pati modifikasi mengalami pembengkakan karena adanya augmentasi amilosa dari jaringan internal granula pati (Kankate et al. 2020). Selain itu, selama proses pregelatinisasi terjadi depolimerisasi pati menjadi gula sederhana yang kemudian dapat digunakan sebagai bahan baku untuk proses fermentasi yang selanjutnya dapat terkonversi menjadi asam-asam organik (Wanita and Wisnu 2013).

Tabel 1 Kadar pati, amilosa, dan amilopektin MOCAF termodifikasi pregelatinisasi

Sampel	Kadar Pati (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)
Kontrol: Tepung MOCAF tanpa perlakuan	85,11 ±0,27	30,86 ±0,19	47,43±0,64
A1B1 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 90°C	88,94±0,01^{i}	35,34±0,03^{i}	44,72±0,15^{a}
A1B2 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 100°C	88,63±0,01^{h}	34,58±0,02^{h}	45,95±0,27^{b}
A1B3 : Waktu 10 menit, Suhu Pemanasan 110°C	88,24±0,04^{g}	34,35±0,04^{g}	48,61±0,67^{c}
A2B1 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 90°C	87,34±0,01^{f}	34,18±0,02^{f}	49,10±0,30^{d}
A2B2 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 100°C	87,19±0,04^{e}	33,56±0,02^{e}	50,69±0,29^{e}
A2B3 : Waktu 15 menit, Suhu Pemanasan 110°C	86,36±0,01^{d}	32,98±0,02^{d}	52,88±0,22^{f}
A3B1 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 90°C	86,18±0,01^{c}	32,56±0,01^{c}	53,69±0,34^{g}
A3B2 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 100°C	85,70±0,02^{b}	31,93±0,03^{b}	55,41±0,26^{h}
A3B3 : Waktu 20 menit, Suhu Pemanasan 110°C	85,20±0,02^{a}	31,22±0,01^{a}	57,75±0,21^{i}

Kadar amilopektin

Kadar amilopektin sampel MOCAF tanpa modifikasi pregelatinisasi (kontrol) lebih rendah dibandingkan MOCAF dengan modifikasi (Tabel 1). Hal ini dapat terjadi karena amilosa berada di daerah *amorf* yang merupakan daerah renggang dan kurang padat sehingga mudah menyerap air. Selama pregelatinisasi amilosa mudah diakses daripada rantai ujung amilopektin. Hal ini menyebabkan pembengkakan amilosa dan larut dalam air sehingga kadar amilosa rendah dan terjadi peningkatan kadar amilopektin. Sebuah studi mengkonfirmasi bahwa nilai amilopektin pati ubi kayu hasil pregelatinisasi lebih tinggi daripada nilai amilosa (Dewantara Putra et al. 2018). Peningkatan kadar amilopektin disebabkan karena adanya pemanasan pada pati. Suhu tinggi menyebabkan ikatan hidrogen semakin banyak yang terputus. Proses ini mengakibatkan air terserap masuk ke dalam granula pati dan mengakibatkan granula membengkak dan granula pati akan pecah yang mengakibatkan amilosa memiliki struktur yang pendek dan mudah larut serta jumlah amilosa yang terlepas meningkat. Semakin banyak fraksi amilosa yang keluar dari granula pati menyebabkan rendahnya molekul amilosa sehingga jumlah fraksi amilopektin meningkat dan menjadi lebih dominan (Nisah 2018).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa modifikasi MOCAF metode pregelatinisasi dengan variasi suhu dan lama waktu pregelatinisasi berpengaruh nyata terhadap sifat fungsional dan kimia MOCAF. Perlakuan Suhu 110^0C selama 20 menit memberikan peningkatan kadar air, sineresis, amilopektin, *swelling power,* kelarutan, *Water Holding Capacity* (WHC), dan *Oil Holding Capacity* (OHC) namun, memberikan penurunan terhadap kadar abu, kadar pati, dan kadar amilosa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Kompetisi Kampus Merdeka (PKKM) Proyek Independen tahun 2022, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi yang telah memberikan dana pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aini, N., G. Wijonarko, and B. Sustriawan. 2016. Sifat Fisik, Kimia, dan Fungsional Tepung Jagung yang Diproses Melalui Fermentasi (Physical, Chemical, and Functional Properties of Corn Flour Processed by Fermentation). Jurnal Agritech 36:160.

AOAC. 2019. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemist: Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st edition. AOAC, Washington DC.

Ararinda Kusweni, N., A. Subagio, and N. Diniyah. 2024. Perbedaan Suhu dan Lama Perendaman MOCAF dengan Modifikasi Annealing Terhadap Sifat Fungsional Teknis dan Kandungan Pati. Jurnal Teknologi Pertanian 25:151–160.

Ariyantoro, A. R., N. H. Parnanto, and E. D. Kuntatiek. 2020. Pengaruh Variasi Suhu Pre-Gelatinisasi Terhadap Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang yang Dimodifikasi. Jurnal Teknologi Hasil Pertanian 13:12.

Bankole, Y. O., O. A. Tanimola, R. O. Odunukan, and D. O. Samuel. 2013. An Assessment of the Functional Properties, Proximate Composition, Sensory Evaluation and Rheological Value of Gari Fortified with Bambara Groundnut Flour (*Voandzeia subterranean* Thouars). International Letters of Natural Sciences 1:17–27.

Bhat, F. M., and C. S. Riar. 2017. Studies on effect of temperature and time on textural and rheological properties of starch isolated from traditional rice cultivars of Kashmir (India). Journal of Texture Studies 48:151–159.

Dewantara Putra, I. G. N. A., R. Murwanti, A. Rohman, and T. . S. Sulaiman. 2018. Physical and Chemical Properties of Native and Fully Pregelatinized Cassava Starch (Manihot esculenta Crantz). Indonesian Journal of Pharmacy 29:145.

Diniyah, N., A. Subagio, R. N. Lutfian Sari, and N. Yuwana. 2019. Sifat Fisikokimia dan Fungsional Pati dari MOCAF (Modified Cassava Flour) Varietas Kaspro dan Cimanggu. Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian 15:80.

Gbenga, B. L., O. Olakunle, and A. M. Adedayo. 2014. Influence of pregelatinization on the physicochemical and compressional

characteristics of starches obtained from two local varieties of Dioscorea rotundata. IOSR Journal of Pharmacy (IOSRPHR) 4:24–32.

Haryanti, P., R. Setyawati, and R. Wicaksono. 2014. Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan Suspensi Pati Serta Konsentrasi Butanol Terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati Tinggi Amilosa dari Tapioka. Jurnal Agritech 34:308.

Huang, S., M. M. Martinez, and B. M. Bohrer. 2019. The Compositional and Functional Attributes of Commercial Flours from Tropical Fruits (Breadfruit and Banana). Foods 8:586.

Iwansyah, A. C., T. Apriadi, D. Z. Arif, Y. Andriana, A. Indriati, N. I. Mayasti, and R. Luthfiyanti. 2022. Effect of pre-gelatinized temperature on physical and nutritional content of indonesian instant cassava leaves porridge: rowe luwa. Brazilian Journal of Food Technology 25.

Kalsum, N., and S. Surfiana. 2013. Karakteristik Dekstrin dari Pati Ubi Kayu yang Diproduksi dengan Metode Pragelatinisasi Parsial. Jurnal Penelitian Pertanian Terapan 13:13–23.

Kankate, D., S. G. Panpalia, K. J. Kumar, and J. F. Kennedy. 2020. Studies to predict the effect of pregelatinization on excipient property of maize and potato starch blends. International Journal of Biological Macromolecules 164:1206–1214.

Kaur, M., D. P. S. Oberoi, D. S. Sogi, and B. S. Gill. 2011. Physicochemical, morphological and pasting properties of acid treated starches from different botanical sources. Journal of Food Science and Technology.

Koswara, S. 2013. Teknologi Pengolahan Umbian Bagian 6 : Pengolahan Singkong. Page Universitas Pertanian Bogor.

Kurniawan, F., S. Hartini, and D. K. A. . Hastuti. 2015. Pengaruh Pemanasan Terhadap Kadar Pati dan Gula Reduksi pada Tepung Biji Nangka. Pages 1–10 Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains X. Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Kusumawati, D. H., and W. D. R. Putri. 2013. Karakteristik Fisik dan Kimia Edible Film Pati Jagung yang Diinkorporasi dengan Perasan Temu Hitam. Jurnal Pangan dan Agroindustri 1:90–100.

Lestari, P. M., A. Widayanti, and H. Afifah. 2019. The Effect of Pregelatinized Taro Starch (Colocasia Esculenta (L.) Schott) Temperature as Filler on Thiamine Hidrochloride Tablet. Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences 7:3827–3832.

Nafi', A., R. Dian Safitri, G. -, D. Setiawan, and N. Diniyah. 2022. Pengaruh Formulasi Tepung Kimpul Pragelatinisasi dan Isolat Protein Kedelai terhadap Karakteristik Sifat Fisikokimia dan Sifat Organoleptik Makaroni Goreng. Warta Industri Hasil Pertanian 39:47.

Nagahata, Y., I. Kobayashi, M. Goto, Y. Nakaura, and N. Inouchi. 2013. The Formation of Resistant Starch during Acid Hydrolysis of High-amylose Corn Starch. Journal of Applied Glycoscience 60:123–130.

Nisah, K. 2018. Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol. BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan 5:106.

Palanisamy, A., F. Deslandes, M. Ramaioli, P. Menut, A. Plana-Fattori, and D. Flick. 2020. Kinetic modelling of individual starch granules swelling. Food Structure 4:1–26.

Pangesti, Y. D., N. H. R. Parnanto, and A. Ridwan A. 2014. Kajian Sifat Fisikokimia Tepung Bengkuang (Pachyrhizus erosus) Dimodifikasi Secara Heat Moisture Treatment (HMT) dengan Variasi Suhu. Jurnal Teknosains Pangan 3:72–77.

Pratama, A. P., U. Rosidah, and M. I. Syafutri. 2021. Pengaruh Penambahan Jamur Tiram Putih dan MOCAF Terhadap Karakteristik Kerupuk Udang Microwaveable. Jurnal FishtecH 9:85–96.

Putri, N. A., H. Herlina, and A. Subagio. 2018. Karakteristik Mocaf (Modified Cassava Flour) Berdasarkan Metode Penggilingan dan Lama Fermentasi. Jurnal Agroteknologi 12:79.

Resthi, A., and Zukryandry. 2021. Substitusi Tepung Mocaf (Modified Cassava Flour) Dalam Pembuatan Bolu Kukus. Food Scientia : Journal of Food Science and Technology 1:37–48.

Santos, T. P. R. dos, C. M. L. Franco, M. M. Mischan, and M. Leonel. 2019. Improvement in spray-drying technology for preparation of pregelatinized cassava starch. Food Science and Technology 39:939–946.

Shahira, S. F., A. Subagio, and N. Diniyah. 2023. Pengaruh Suhu Pemanasan dan Konsentrasi terhadap Karakteristik Kimia dan Fungsional pada Modifikasi Pregelatinisasi MOCAF. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 11:207–219.

Subagio, A., N. A. Taslim, E. Sudamonowati, I. A. Chaniago, I. M. Zainuddin, N. Diniyah, and A. Nafi'. 2022. Standard Operating Procedures (SOP) Production of Modified Cassava Flour (MOCAF). Penerbitan Universitas Jember, Jember.

Thitipraphunkul, K., D. Uttapap, K. Piyachomkwan, and Y. Takeda. 2003. A comparative study of edible canna (Canna edulis) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and physicochemical properties. Carbohydrate Polymers 53:317–324.

Ulfa, G. M., W. D. R. Putri, K. Fibrianto, and S. B. Widjanarko. 2021. Optimization studies on pre-gelatinized sweet potato starch influenced by temperature and time. Food Research 5:25–30.

Wanita, Y. P., and E. Wisnu. 2013. Pengaruh Cara Pembuatan Mocaf Terhadap Kandungan Amilosa dan Derajat Putih Tepung. Pages 588–596 Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.

Yuliwardi, F., E. Syamsira, P. Hariyadi, and S. Widowati. 2014. Pengaruh Dua Siklus Autoclaving-Cooling Terhadap Kadar Pati Resisten Tepung Beras dan Bihun yang Dihasilkannya. PANGAN 23:43–52.

Zhang, Y., B. Li, Y. Zhang, F. Xu, K. Zhu, S. Li, L. Tan, G. Wu, and W. Dong. 2019. Effect of degree of polymerization of amylopectin on the gelatinization properties of jackfruit seed starch. Food Chemistry 289:152–159.