

ASETILASI TEPUNG TALAS (*Colocasia esculenta*) MENGUNAKAN ASAM ASETAT GLASIAL: PENGARUH KONSISTENSI LULUHAN DAN PH PADA SWELLING POWER DAN KELARUTAN

Catarina Sri Budiayati¹, Diah Susetyo Retnowati dan Andri Cahyo Kumoro

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH – Tembalang – Semarang 50275

Tel.: (+62) - 24-7460058 Fax: (+62) - 24-76480675

Email: budiayati@undip.ac.id, andrewkomoro@undip.ac.id

Abstrak

Tepung talas (*Colocasia esculenta*) telah digunakan dalam pembuatan produk makanan walaupun masih dalam ragam yang terbatas karena memiliki kelemahan sifat fisikokimianya. Asetilasi merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk meningkatkan nilai swelling power (SP) dan kelarutan (WS) tepung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh konsistensi luluhan dan pH reaksi asetilasi tepung talas dengan asam asetat glasial terhadap SP dan WS. Sejumlah tepung talas didispersikan pada 225 mL air suling untuk memperoleh konsistensi luluhan (30% atau 20% b/v) dan diaduk selama 1 jam pada suhu 30°C. Selanjutnya, pH luluhan dijaga (pada 8,0 atau 7,0) dengan menambahkan larutan NaOH 3%. Sejumlah asam asetat glasial ditambahkan secara bertetes-tetes ke dalam luluhan sambil terus diaduk dan dijaga pHnya dengan menambahkan larutan NaOH 3%. Reaksi dibiarkan berlangsung selama waktu tertentu (30-120 menit), dihitung sejak seluruh asam asetat glasial masuk ke dalam luluhan. Untuk menghentikan reaksi, pH luluhan diubah menjadi 4,5 dengan menambahkan larutan HCl 0,5 N. Luluhan diendapkan dan dicuci dua kali dengan air suling (1:3 b/v) dan dilanjutkan dengan mencuci sekali dengan etanol 95% hingga bebas asam. Tepung terasetilasi yang diperoleh selanjutnya dikeringkan dalam oven listrik pada suhu 40°C untuk dianalisis nilai SP dan WSnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsistensi dan pH yang tinggi, nilai SP meningkat seiring dengan waktu. Walaupun nilai WS juga meningkat dengan berjalannya waktu, namun nilainya hampir tidak dipengaruhi oleh konsistensi luluhan. Pada lingkungan basa, nilai WS terus meningkat seiring dengan waktu reaksi, sedangkan pada lingkungan yang netral, nilai WS tetap setelah reaksi berlangsung 30 menit. Pada semua pH, nilai SP meningkat seiring dengan waktu reaksi, dan menurun pada waktu reaksi lebih dari 90 menit. Secara umum, semua tepung talas terasetilasi yang diperoleh pada penelitian ini mempunyai SP dan WS yang lebih tinggi dari tepung asalnya.

Kata kunci: asetilasi, tepung talas, asam asetat glasial, swelling power, kelarutan

PENDAHULUAN

Umbi-umbian mempunyai umur simpan yang pendek karena kandungan airnya yang tinggi. Jika tidak dikelola dengan baik, maka umbi-umbian akan mulai membusuk pada minggu ke - 2 sejak dipanen. Oleh karena itu, umbi harus diubah menjadi produk yang tidak mudah membusuk, misalnya menjadi tepung atau pati (Perez *dkk.* 2005). Talas (*Colocasia esculenta* L.) merupakan salah satu tanaman tropis yang menghasilkan umbi yang membesar di dalam tanah dan sudah berabad-abad dikonsumsi oleh penduduk tropis dan subtropis di dunia (Aboubakar *dkk.* 2008). Walaupun kandungan protein dan lemaknya rendah, umbi talas kaya akan karbohidrat, serat pangan dan mineral (Tattiyakul *dkk.*, 2006). Umbi talas mengandung 70% - 80% pati (Jane *dkk.*, 1992) dengan ukuran butir yang sangat kecil (0.5-5µm) (Perez *dkk.*, 2005), mempunyai daya ikat yang tinggi dan mampu membentuk gel dengan tekstur yang lembut sehingga mempunyai manfaat dalam menjaga kesehatan. Pati talas juga mempunyai kekentalan yang tinggi, sehingga banyak digunakan pada pengolahan makanan yang memerlukan daya pengental yang tinggi. Aprianita *dkk.* (2009) juga melaporkan bahwa tepung talas dengan butir pati yang berukuran

sangat kecil dan yang mudah dicerna, sehingga banyak digunakan dalam pembuatan roti, mie dan makanan bayi dan balita.

Meskipun pati banyak digunakan dalam berbagai keperluan, namun pati juga mempunyai beberapa kekurangan, seperti rendahnya ketahanan terhadap geseran, mudah terurai secara termal, teretrogradasi, dan sineresis. Sifat alamiah pati yang hidrofilik merupakan kelemahan yang paling menghambat pengembangan produk berbasis pati. Oleh karena itu, usaha untuk membuat senyawa turunan dari pati untuk menghasilkan produk yang tahan terhadap air merupakan salah satu cara pemecahan masalah yang tepat. Sifat-sifat fungsional pati dapat diperbaiki dengan memodifikasi pati, baik secara kimia, fisika maupun enzimatik (Agboola *dkk.*, 1991). Pati termodifikasi biasanya mempunyai kebeningan dan stabilitas pasta, ketahanan terhadap retrogradasi, dan stabilitas pembekuan-pencairan yang lebih baik daripada pati asalnya (Agboola *dkk.*, 1991). Salah satu metode modifikasi secara kimia yang bisa dilakukan adalah dengan teknik asetilasi. Pati terasetilasi merupakan ester pati yang dibuat dengan memasukkan gugus asetil pada molekul pati pada suhu rendah (Singh *dkk.*, 2004).

Modifikasi dengan teknik asetilasi biasanya dilakukan adalah dengan mereaksikan pati dengan asam asetat anhidrid (Bello-Perez *dkk.*, 2012), asetilkhlorid atau vinil asetat pada suasana basa (de Graaf *dkk.*, 1998). Rutenberg dan Solarek (1984) melaporkan bahwa memasukkan gugus asetil ke dalam molekul pati selama proses asetilasi dapat melemahkan kekuatan ikatan di antara molekul-molekul pati. Hal ini berakibat pada meningkatnya swelling power, kelarutan, dan stabilitas pembekuan-pencairan butir pati, tetapi menurunnya koagulasi pati. Phillips *dkk.* (1999) menemukan bahwa perubahan sifat fisikokimia pati asal menjadi pati terasetilasi sebanding dengan derajat asetilasi atau derajat penggantian gugus hidroksil oleh gugus karboksil di dalam molekul pati. Pati terasetilasi banyak digunakan dalam berbagai produk pangan, seperti roti, saus, sup, makanan beku, makanan kaleng, makanan bayi, salad dan makanan ringan/snack (Wurzburg, 1995). Namun, Food and Drug Association telah menetapkan bahwa pati asetat yang diperbolehkan pada industri makanan adalah yang memiliki setinggi-tingginya 2,5% gugus asetil atau derajat asetilasi antara 0,01-0,2 (Bello-Perez *dkk.*, 2012). Kebijakan ini diambil karena pada derajat asetilasi yang lebih tinggi, pati asetat sukar dicerna dan bersifat seperti plastik. Seperti reaksi kimia pada umumnya, reaksi asetilasi juga tergantung pada konsentrasi reaktan, waktu, pH, dan katalis (Whistler dan Daniel, 1995), yang pada akhirnya menentukan jumlah gugus asetil yang masuk ke dalam molekul pati.

Agar derajat asetilasi yang dicapai tidak lebih tinggi dari 0,2, maka penelitian ini menggunakan asam asetat glasial sebagai sumber gugus asetil. Jika Zhang *dkk.* (2009) melakukan asetilasi pati jahe kuning menggunakan campuran asam asetat glasial dan asam asetat anhidrid dengan katalis asam sulfat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh konsistensi luluhan dan pH pada asetilasi tepung talas dengan asam asetat glasial dan katalis natrium hidroksid terhadap swelling power (*SP*) dan kelarutan (*WS*) tepung talas terasetilasi yang diperoleh.

METODOLOGI

Bahan

Tepung talas yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari penggilingan dan pengayakan irisan umbi talas lokal yang sudah dikeringkan pada suhu 40°C selama 20 jam hingga kadar airnya 12% (Tattiyakul *dkk.*, 2006). Asam asetat glasial dan bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini berstandar analitik (kemurnian > 99.90% b/b) dan langsung digunakan tanpa perlakuan tambahan.

Alat

Asetilasi tepung talas dengan larutan asam asetat dilakukan dalam sebuah gelas beaker berukuran 500 mL yang diaduk dan dijaga suhunya dengan plat pemanas berpengaduk magnet. Sedangkan analisis *SP* dan *WS* dilakukan dengan menggunakan tabung gelas, alat pemusing dan neraca analitik cacahan.

Prosedur

Sejumlah tepung talas didispersikan pada 225 mL air suling untuk memperoleh konsistensi luluhan (20% dan 30% b/v) dan diaduk selama 1 jam pada suhu 30°C. Selanjutnya, pH luluhan dijaga (pada 7,0 atau 8,0) dengan menambahkan larutan NaOH 3%. Sejumlah asam asetat glasial ditambahkan secara bertetes-tetes ke dalam luluhan sambil terus diaduk dan dijaga pHnya dengan menambahkan larutan NaOH 3%. Reaksi dibiarkan berlangsung selama waktu tertentu (30-120 menit), terhitung sejak seluruh asam asetat glasial masuk ke dalam luluhan. Untuk menghentikan reaksi, pH luluhan diubah menjadi 4,5 dengan menambahkan larutan HCl 0,5 N. Luluhan diendapkan dan dicuci dua kali dengan air suling (1:3 b/v) dan dilanjutkan dengan mencuci sekali dengan etanol 95% hingga bebas asam. Endapan tepung yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada 40°C, digiling dan diayak untuk memperoleh tepung talas terasetilasi berukuran 100 mesh (Sodhi dan Singh, 2005).

Analisis

Nilai Swelling power (*SP*) dan kelarutan (*WS*) tepung talas asal dan terasetilasi ditentukan dengan metode yang disarankan oleh of Li dan Yeh (2001). Satu gram contoh tepung terasetilasi (W_0) ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam tabung gelas yang telus dan ditimbang kembali (W_1). Tepung talas kemudian didispersikan dalam 50 mL air suling. Luluhan yang diperoleh kemudian dipanaskan dan diaduk pada suhu 60 °C selama 30 menit. Luluhan ini selanjutnya didinginkan hingga suhu 30 °C dan dipusingkan pada $100 \times g$ selama 15 menit dengan alat pemusing Superspeed centrifuge (Sorvall® RC-6, Kendro laboratory products, NC, USA). Lima milli liter beningan yang diperoleh kemudian dikeringkan pada suhu 110 °C hingga bobotnya tetap. Fasa padat yang tersisa sebagai hasil pengeringan merupakan jumlah tepung yang terlarut dalam air. Nilai kelarutan dihitung sebagai gram padatan per 100 g tepung atas dasar berat kering.

$$WS = \frac{W_1}{W_0} \times 100 \tag{1}$$

Setelah beningan dipisahkan, tepung talas yang sudah mengembang dan tertinggal di tabung gelas ditiriskan dan ditimbang (W_2). Nilai swelling power dihitung sebagai rasio bobot tepung talas yang sudah mengembang dengan bobot tepung asal yang sudah dikoreksi dengan nilai kelarutannya (Osundahunsi *dkk.*, 2003).

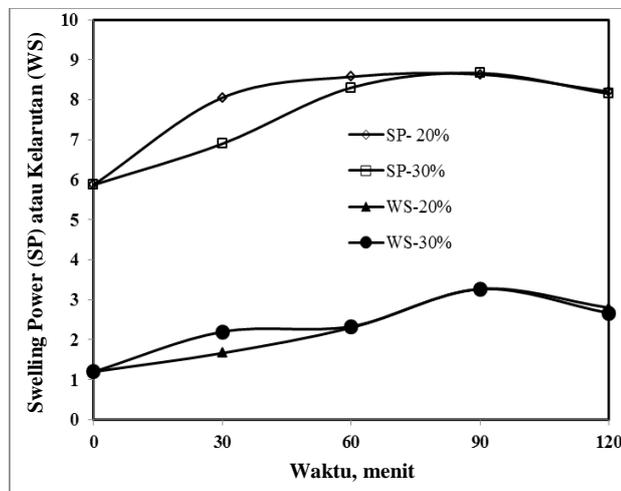
$$SP = \frac{(W_2 - W_1)}{W_0(100 - WS)} \tag{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada umumnya, pati yang terkandung di dalam tepung umbi-umbian mempunyai kandungan amylose yang rendah (kaya akan amilopektin), sehingga derajat kristalinitasnya juga rendah dan berakibat pada tingginya swelling power. Butir pati yang rendah derajat kristalinitasnya sangat mudah menyerap air, sehingga mengembang lebih besar. Sebaliknya, pati dengan derajat kristalinitas yang tinggi dan mempunyai ikatan yang kuat pada bagian kristalannya hanya bisa menyerap sedikit air dan kurang bisa mengembang. Jika luluhan pati jenis ini dipanaskan, maka akan terbentuk pasta yang kurang kental dan mudah mengalami retrogradasi. Dengan meningkatnya nilai swelling power, maka kelarutan pati juga pada umumnya meningkat.

Pengaruh Konsistensi Tepung dalam Luluhan

Konsistensi tepung di dalam luluhan menunjukkan jumlah pati (satuan anhidroglukose) yang tersedia untuk bereaksi dengan asam asetat glasial. Oleh karena itu, semakin tinggi konsistensi luluhan, berarti lebih banyak satuan anhidroglukose yang tersedia. Gambar 1 menyajikan pengaruh konsistensi luluhan terhadap nilai swelling power dan kelarutan tepung talas terasetilasi.



Gambar 1. Pengaruh Konsistensi Tepung Terhadap Swelling Power dan Kelarutan Tepung Talas Terasetilasi

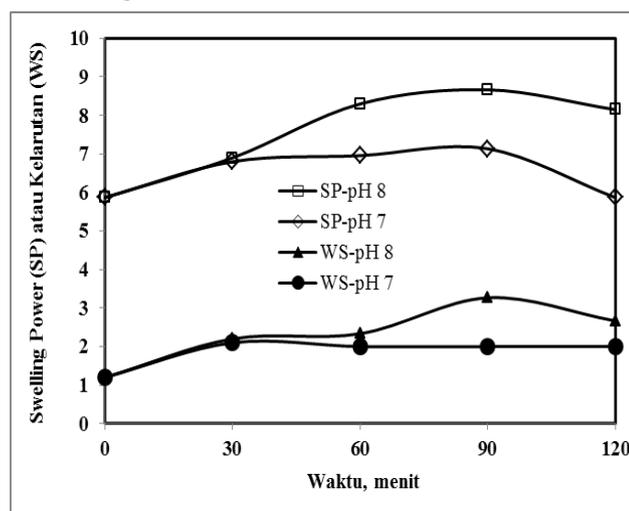
Reaksi asetilasi berlangsung lebih cepat pada konsentrasi luluhan yang rendah karena jumlah gugus asetil yang tersedia per satuan anhidroglukosennya menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan sistem dengan konsentrasi luluhan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya swelling power secara drastis pada sistem dengan konsistensi luluhan 20% b/v pada 30 menit pertama sejak reaksi asetilasi dilakukan. Seperti diharapkan secara teoritik, nilai swelling power dan kelarutan pati asetat dalam tepung talas selalu lebih tinggi daripada pati asalnya dan selalu meningkat seiring dengan waktu reaksi dan jumlah gugus asetil yang terikat pada satuan anhidroglukose tepung talas. Perubahan yang terjadi pada swelling power dapat disebabkan oleh masuknya gugus fungsional yang bersifat hidrofilik yang dapat menahan molekul air untuk membentuk ikatan hydrogen dalam butir pati (Sodhi dan Singh, 2005). Masuknya gugus asetil ke dalam molekul pati dapat mempermudah masuknya air ke bagian pati yang amorf (Mbougueng *dkk.*, 2012). Selain itu, mungkin juga struktur kristalin pada butir pati terasetilasi sudah melemah dan menyebabkan meningkatnya swelling power (Kruger dan Rutenberg, 1967). Sementara itu, meningkatnya nilai kelarutan tepung terasetilasi adalah disebabkan oleh melemahnya struktur internal butir pati dan depolimerisasi amylose (Sandhu *dkk.*, 2008).

Namun, setelah waktu reaksi 90 menit, memperpanjang waktu reaksi justru menurunkan nilai swelling power dan kelarutan. Sebagai akibat dari terjadinya reaksi asetilasi, maka jumlah asam asetat glasial di fase cair juga berkurang karena terikat dengan pati talas membentuk pati asetat. Akan tetapi, keadaan ini menyebabkan jumlah mol produk pati asetat dan air menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan jumlah mol bahan baku (pati dan asam asetat glasial). Karena reaksi asetilasi pati merupakan reaksi esterifikasi yang dapat balik, maka balik yang merupakan reaksi hidrolisis pati asetat menjadi pati justru dominan (Jeon *dkk.*, 1999).

Pengaruh pH Luluhan

Secara teoritik, reaksi asetilasi molekul pati akan terjadi pada keadaan alkali ($\text{pH} > 7$) (de Graaf *dkk.*, 1998). Gambar 2 menyajikan pengaruh lingkungan reaksi (pH) terhadap nilai swelling power dan kelarutan tepung talas terasetilasi. Pada lingkungan basa, nilai swelling power dan kelarutan terus meningkat seiring dengan waktu reaksi. Namun, nilai swelling power dan kelarutan kemudian menurun pada waktu reaksi lebih dari 90 menit. Singh *dkk.* (2004) juga melaporkan kenaikan nilai swelling power dan kelarutan pada pati kentang dan jagung yang diasetilasi dengan asam asetat anhidrid. Sedangkan pada lingkungan yang netral ($\text{pH} 7$), nilai swelling power dan kelarutan hanya meningkat hingga reaksi berlangsung 30 menit, selanjutnya nilainya cenderung tetap.

Secara umum, nilai swelling power dan kelarutan tepung talas terasetilasi yang diperoleh pada $\text{pH} 8$ lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang diperoleh pada $\text{pH} 7$. Pada kondisi basa, pati juga dapat mengalami gelatinisasi parsial sehingga meningkatkan kelarutannya (Olayide, 2004). Menurut Jeon *dkk.* (1999), pada pH kurang dari 8, kondisinya tidak cukup untuk mengaktifkan gugus hidroksil pada molekul pati untuk selanjutnya diserang oleh asam asetat glasial.



Gambar 2. Pengaruh pH Luluhan Terhadap Swelling Power dan Kelarutan Tepung Talas Terasetilasi

Perbandingan dengan penelitian terdahulu

Nilai swelling power dan kelarutan tepung talas asal pada suhu 60°C yang diperoleh pada penelitian ini adalah 5,9 g/g dan 1,2 g/100 g tepung. Sedangkan nilai swelling power tepung talas terasetilasi yang diperoleh pada asetilasi pada pH 7 dan 8 adalah antara 6,8-8,7 g/g. Sementara itu, nilai kelarutan tepung talas terasetilasi yang diperoleh pada asetilasi dengan kondisi yang sama adalah 2,0-3,3 g/100g. Nilai kedua sifat fisik tepung tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan tepung talas terasetilasi yang dilaporkan oleh Alam dan Hasnain (2009). Akan tetapi, nilai swelling power dan kelarutan tepung talas tersebut jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan pati tepung talas yang dilaporkan oleh Tattiyakul *dkk.* (2006). Mereka melaporkan bahwa swelling power dan kelarutan tepung talas asal Thailand adalah 10,99-17,30 g/g dan 7,0-13,2 g/100g. Namun, mereka juga menyatakan bahwa tidak ada korelasi antara swelling power dan kelarutan tepung talas.

Nilai swelling power dan kelarutan tepung talas asal, tepung talas terasetilasi dan tepung gandum (Chung *dkk.*, 2010) disajikan pada Tabel 1. Meskipun kelarutan tepung talas terasetilasi lebih tinggi jika dibandingkan dengan kelarutan tepung talas asalnya, namun perbedaan nilai kelarutan tersebut tidaklah mencolok. Nampak pada Tabel 1, bahwa kelarutan tertinggi yang dimiliki oleh tepung talas terasetilasi hanya separuh dari kelarutan tepung gandum amerika dan korea (Chung *dkk.*, 2010). Hal ini sesuai dengan pendapat Singh *dkk.* (2004) bahwa asetilasi pada pati yang kandungan amilosanya rendah hanya sedikit meningkatkan kelarutannya. Kadar amylose dalam molekul pati yang terkandung dalam tepung talas adalah 18,8-22,4% (Tattiyakul *dkk.*, 2006).

Tabel 1. Swelling Power dan Kelarutan Tepung Talas Terasetilasi dan Tepung Gandum

| Tepung | Swelling Power (%) | Kelarutan (g/100g) |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| Tepung Talas (asal) | 5,9 | 1,2 |
| Tepung Talas Terasetilasi | 6,8-8,7 | 2,0-3,3 |
| Tepung Gandum Amerika | 6.8-7.9 ^a | 6.3-7.3 ^a |
| Tepung Gandum Korea | 7.8-9.3 ^a | 7.3-8.5 ^a |

^aChung *dkk.* (2010)

Jika tepung talas terasetilasi akan digunakan sebagai bahan baku untuk biskuit dan roti-roti kering lainnya, maka nilai swelling power dan kelarutannya sudah memenuhi persyaratan. Menurut Kulp *dkk.* (1991), nilai swelling power dan kelarutan tepung sebagai bahan baku biskuit berturut-turut adalah 5,07-7,34 g/g dan 1,19-3,32 g/100g tepung.

KESIMPULAN

Asetilasi tepung talas dengan larutan asam setat glasial telah berhasil dilakukan. Nilai swelling power dan kelarutan tepung talas terasetilasi dipengaruhi oleh nilai konsistensi luluhan dan pH. Namun, pengaruh pH lebih nyata jika dibandingkan dengan pengaruh konsistensi luluhan. Secara umum, semua tepung talas terasetilasi yang diperoleh pada penelitian ini mempunyai swelling power dan kelarutan yang lebih tinggi dari tepung asalnya dan memenuhi syarat sebagai bahan baku pembuatan biskuit dan roti-roti kering lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Teknik-Universitas Diponegoro yang telah mendanai penelitian ini melalui Skim Penelitian Strategis DIPA FT Undip 2014 menurut Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor: 4688/UN7.3.3/PG/2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboubakar, N. Y. N., Scher, J., Mbofung, C. M. F., (2008), Physicochemical, thermal properties and micro structure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering*, 86, pp. 294–305.
- Agboola, S. O., Akingbala, J. O., and Oguntimein, G. B., (1991), Physicochemical and Functional Properties of Low DS Cassava Starch Acetates and Citrates, *Starch/Starke*, 43(2), pp. S. 62-66.
- Alam, F. and 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), pp. 45-50.



- Aprianita, A., Purwandari, U., Watson, B., and Vasiljevic, T., (2009), Physico-Chemical Properties Of Flours And Starches From Selected Commercial Tubers Available In Australia, *International Food Research Journal*, 16, pp.507-520.
- Bello-Perez, L.A., Agama-Acevedo, E., Zamudio-Flores, P. B., Mendez-Montealvo, G., Rodriguez-Ambriz, S. L., (2010), Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch, *LWT - Food Science and Technology*, 43 (9), pp. 1434-1440.
- Chung, S.Y., Han, S. H., Lee, S. W. and Rhee, C., (2010), Physicochemical And Bread-Making Properties Of Air Flow Pulverized Wheat And Corn Flours, *Food Science and Biotechnology*, 19(6), pp. 1529-1535.
- de Graaf, R. A., Broekroelofs, A., and Janssen, L. P. B. M., (1998), The Acetylation of Starch by Reactive Extrusion, *Starch/Stärke*, 50 (5), pp. S. 198–205.
- Jane, J., Shen, L., Chen, J., Lim, S., Kasemsuwan, T., and Nip, W. K., (1992), Physical and Chemical Studies of Taro Starches and Flours, *Cereal Chemistry*, 69(5), pp. 528-535.
- Jeon, Y. S., Viswanathan, A., and Gross, R. A., (1999), Studies of Starch Esterification: Reactions with Alkenylsuccinates in Aqueous Slurry Systems, *Starch/Stärke*, 51 (2-3), pp. S. 90–93.
- Kruger, L. H., and Rutenberg, M. W., (1967), Industrial Aspects. in: “Starch: Chemistry and Technology”, editor R. L. Whistler and E. F. Paschall, Academic Press, New York, p.369.
- Kulp, K., Olewnik, M. and Lorenz, K., (1991), Starch Functionality in Cookie Systems, *Starch/Stärke*, 43 (2), pp. S. 53-57.
- Li, Y. J. and Yeh, A. I., (2001). Relationships Between Thermal, Rheological Characteristics And Swelling Power For Various Starches, *Journal of Food Engineering*, 50, pp.141-148.
- Mbougueng, P. D., Tenin, D., Scher, J., Tchiégang, C., (2012), Influence of acetylation on physicochemical, functional and thermal properties of potato and cassava starches, *Journal of Food Engineering*, 108, pp. 320-326.
- Olayide, S. L. (2004). Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. *Carbohydrate Research*, 339 (16), pp. 2673-2682.
- Osundahunsi, O.F., Fagbemi, T. N., Kesselman, E., and Shimoni, E., (2003), Comparison Of The Physicochemical Properties And Pasting Characteristics Of Flour And Starch From Red And White Sweet Potato Cultivars. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, pp. 2232-2236.
- Perez, E., Schultz, F. S. and de Delahaye, E. P., (2005), Characterization of some properties of starches isolated from *Xanthosoma sagittifolium* (tannia) and *Colocassia esculenta* (taro), *Carbohydrate Polymer*, 60, pp. 139-45.
- Phillips, D. L., Huijum, L., Duohai, P. and Harold, C., (1999), General Application Of Raman Spectroscopy For The Determination Of Level Of Acetylation In Modified Starches, *Cereal Chemistry*, 76, pp. 439–443.
- Rutenberg, M. W. and Solarek, D., (1984), Starch derivatives: Production and uses. in *Starch: Chemistry and Technology*, editor R. L. Whistler, J. N. BeMiller and E. F. Paschall, Academic Press, London, pp. 311–388.
- Sandhu, K.S., Kaur, M., Singh, N., Lim, S.T., (2008). A comparison of native and oxidized normal and waxy corn starches: physicochemical, thermal, morphological and pasting properties. *LWT, Food Science and Technology*, 41, pp.1000-1010.
- Singh, N., Chawla, D. and Singh, J., (2004), Influence Of Acetic Anhydride On Physicochemical, Morphological And Thermal Properties Of Corn And Potato Starch, *Food Chemistry*, 86, pp. 601–608
- Sodhi, N.S. and Singh, N., (2005), Characteristics of acetylated starches prepared using starches separated from different rice cultivars, *Journal of Food Engineering*, 70, pp.117–127.
- Tattiyakul, J., Asavasaksakul, S. and Pradipasena, P., (2006), Chemical and Physical Properties of Flour Extracted from Taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott Grown in Different Regions of Thailand, *ScienceAsia*, 32, pp. 279-284.
- Whistler, R. L. and Daniel, J. R., (1995), Carbohydrates. in *Food chemistry*, editor O. R. Fennema, Marcel Decker, New York, pp. 69–137.
- Wurzburg, O. B., (1995), Starch, modified starch and dextrin, Proceeding of Seminar in Products of the corn refining industry, Corn Refiners Association, Inc., Washington, DC, pp. 23– 32
- Zhang, L., Xiea, W., Zhao, X., Liu, Y., Gao, W., (2009), Study on the morphology, crystalline structure and thermal properties of yellow ginger starch acetates with different degrees of substitution, *Thermochimica Acta*, 495(1-2), pp.57-62.