

SIFAT FUNGSIONAL PATI GARUT HASIL MODIFIKASI HIDROKSIPROPILASI DAN TAUT SILANG

[Functional Properties of Hydroxypropylated and Crosslinked Arrowroot Starch]

Rijanti Rahaju Maulani^{1)*}, Dedi Fardiaz²⁾, Feri Kusnandar²⁾ dan Titi Candra Sunarti³⁾

¹⁾ Program Studi Rekayasa Pertanian, Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesa No. 10, Bandung, Indonesia

²⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

³⁾ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor, Indonesia

Diterima 25 September 2012 / Disetujui 29 Juli 2013

ABSTRACT

Dual-modified arrowroot starch using hydroxypropylation and cross-linking methods was carried out to overcome the deficiency in of native arrowroot starches for food processing application. The modification applied the combination concentration of propylene oxide (8, 10, and 12%) and ratio of sodium trimetaphosphate (STMP):sodium triphosphate (STPP) (1%:4%, 2%:5%, and 3%:6%). The resulting dual-modified arrowroot starches had lower gelatinization temperature (68.45–70.00°C) than that of native arrowroot starch (72.85°C). The modified arrowroot starches also had a higher peak viscosity (>5500 cp) than that of native arrowroot starch (4209 cP). Breakdown and setback viscosity of modified arrowroot starch was higher values than the native. At acidic pH, the viscosity decreased at different levels of temperature changes as compared to that of normal pH. Modified starch made with 8% propylene oxide and ratio of STMP: STPP 2%:5% and 3%:6%; as well as that made with 10% propylene oxide and 1% STMP:4% STPP had the lowest syneresis tendency. Decrease in the paste clarity occurred with increasing concentration of STMP:STPP. The sedimentation volume of the modified starch was higher (29.17–35.83%) than that of native starch (28.08%), except for those made with 1% STMP: 4% STPP at concentration of propylene oxide 8% and 12%. The gel strength increased (61.77–78.97 gf) at 8% propylene oxide, but decreased (66.50–47.77 gf) at higher concentrations.

Keywords: arrowroot starch, cross-link, dual modification, hydroxypropylation

ABSTRAK

Modifikasi pati garut melalui reaksi hidroksipropilasi dan taut silang dilakukan untuk memperbaiki kelemahan yang dimiliki oleh pati alami sehingga menjadi luas aplikasinya dalam industri pangan. Pati garut dimodifikasi menggunakan kombinasi konsentrasi propilena oksida (8, 10, dan 12%) dan campuran STMP:STPP dengan nisbah konsentrasi 1%:4%; 2%:5%; dan 3%:6%, sehingga terdapat sembilan kombinasi perlakuan. Perlakuan modifikasi menyebabkan terjadinya perubahan sifat fungsional pada pati garut. Suhu gelatinisasi pati hasil modifikasi berkisar antara 68.45–70.00°C, lebih rendah dibandingkan pati alaminya (72.85°C). Viskositas puncak pati alami lebih rendah (4209 cP) dibandingkan dengan pati yang dimodifikasi (>5500 cP). Viskositas *breakdown* dan *setback* pati hasil modifikasi mengalami peningkatan dibandingkan pati alaminya. Pada pH 3.5 terjadi penurunan viskositas pada berbagai tingkat perubahan suhu dibandingkan pada pH normal. Modifikasi pati garut dengan kombinasi konsentrasi propilena oksida 8% dan campuran STMP:STPP dengan nisbah 2%:5% dan 3%:6%; serta kombinasi propilena oksida 10% dan campuran STMP 1%:STPP 4% memperlihatkan kecenderungan terjadinya sineresis lebih rendah. Terdapat kecenderungan penurunan nilai kejernihan pasta dengan semakin meningkatnya konsentrasi STMP:STPP. Volume sedimentasi pati modifikasi pada kisaran 29.17–5.83% lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya (28.08%) kecuali pada perlakuan konsentrasi STMP 1%:STPP 4% pada konsentrasi propilena oksida 8% dan 12%. Kekuatan gel meningkat (61.77–78.97 gf) pada konsentrasi propilena oksida 8% tetapi menurun (66.50–47.77 gf) pada konsentrasi propilena oksida yang semakin tinggi.

Kata kunci: hidroksipropilasi, modifikasi ganda, pati garut, taut-silang

PENDAHULUAN

Pati memiliki banyak kegunaan sebagai bahan baku industri pangan, tetapi pati alami memiliki keterbatasan yang dapat

menurunkan daya gunanya terutama pada industri pangan. Keragaman industri pangan modern dan variasi produk pangan yang sangat tinggi membutuhkan bahan baku pati yang toleran secara luas dalam berbagai teknik pengolahan sejak persiapan, penyimpanan, sampai distribusinya. Beberapa kelemahan yang dimiliki oleh pati alami, di antaranya adalah: rentan terhadap kondisi pengolahan (pengadukan, kondisi asam, dan suhu tinggi), viskositas yang tidak stabil, memiliki kelarutan yang rendah, dan kecenderungan yang tinggi untuk mengalami

Paper ini telah diikutsertakan pada *IAB Women in Science International Symposium*, Hotel Concorde, Malaysia, May 9, 2012 dalam bentuk Poster dan *Extended Abstract*

*Korespondensi Penulis:

E-mail : yanti_rm@yahoo.com; Telp.: 081321221421

retrogradasi (Singh *et al.* 2007; BeMiller, 2011). Fakta tersebut mendorong para peneliti untuk melakukan modifikasi terhadap pati yang merupakan ingredien fungsional yang penting dalam industri pangan. Pati yang dimodifikasi akan berubah komposisi dan sifat fisikokimianya (Das *et al.* 2010), sehingga akan berpengaruh terhadap sifat fungsionalnya. Perubahan sifat-sifat fungsional tersebut antara lain memperbaiki kelarutan dalam air dingin dan sifat gelatinisasi, menurunkan tingkat retrogradasi dan sineresis, pembentukan gel, pembentukan film, dan kestabilan terhadap kondisi asam.

Hidroksipropilasi dan taut silang adalah dua metode yang banyak digunakan untuk memodifikasi pati. Hidroksipropilasi pati dapat meningkatkan stabilitas beku-cair (*freeze-thaw*), menurunkan suhu gelatinisasi, meningkatkan kejernihan pasta, lebih stabil pada penyimpanan suhu dingin (Pal *et al.* 2002; Miyazaki *et al.* 2006), dan meningkatkan *swelling power* (Lee dan Yoo, 2011). Pati taut silang dapat mempertahankan viskositas pasta (Wurzburg, 1989) dan dapat memperbaiki ketahanan pati terhadap sejumlah panas pada waktu yang lama, kestabilan pada kondisi asam, dan lebih tahan terhadap gesekan mekanis (Liu *et al.* 1997).

Modifikasi ganda pada pati garut melalui reaksi hidroksipropilasi dan taut silang akan menghasilkan pati yang memiliki sifat lebih baik. Pati hasil modifikasi ganda akan mengembang tetapi granula pati tetap utuh (Miyazaki *et al.* 2006). Kombinasi reaksi hidroksipropilasi dan taut silang sudah banyak dilakukan pada pati jagung, tapioka, gandum, *waxy corn*, *waxy barley*, beras, dan sagu (Wattanachant *et al.* 2002; Singh *et al.* 2007), dengan tujuan untuk meningkatkan kestabilan dalam asam, panas, dan degradasi mekanik, serta untuk menunda retrogradasi selama penyimpanan. Gunaratne dan Corke (2007) menyatakan bahwa modifikasi ganda pada pati yang berasal dari umbi akar dan umbi batang memperlihatkan beberapa perubahan sifat fungsional yang lebih baik yaitu meningkatkan stabilitas terhadap proses pengadukan pada suhu yang tinggi dan ketahanan terhadap hidrolisis enzimatis. Dalam penelitian ini akan diketahui perubahan sifat fungsional pati garut yang dimodifikasi dengan metode kombinasi hidroksipropilasi dan taut silang sehingga dapat dilakukan uji coba lebih lanjut untuk diaplikasikan sebagai bahan baku pangan yang tahan terhadap berbagai kondisi pengolahan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama adalah pati dari umbi garut kultivar *Creole* (umur panen 10 bulan) yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Aromatik (BALITRO) Manoko, Lembang, Bandung Barat. Bahan-bahan lain adalah sodium trimetaphosphate (STMP), sodium tripolyphosphate (STPP), dan propilena oksida (PO) yang diperoleh dari Sigma-Aldrich Chemical Company, serta bahan-bahan kimia pro analitik lainnya yang diperlukan untuk analisis.

Modifikasi kombinasi hidroksipropilasi dan taut silang

Proses modifikasi menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh Wattanachant *et al.* (2003) dan Aziz *et al.*

(2004) dengan perbedaan konsentrasi pereaksi yang digunakan. Pati garut (100 g bk) dilarutkan pada larutan natrium sulfat 10% hingga diperoleh suspensi 40% (b/v). Sambil diaduk pH ditingkatkan menjadi 10.5 dengan menambahkan NaOH 5%. Propilena oksida ditambahkan dengan konsentrasi 8, 10, dan 12% (v/b). Suspensi diaduk 30 menit pada suhu kamar (25°C), selanjutnya suspensi ditempatkan pada *shake incubator* (suhu 40°C; 200 rpm) selama 24 jam. Setelah itu ditambahkan campuran STMP dan STPP dengan perbandingan konsentrasi 1%:4%; 2%:5%; dan 3%:6% (b/b). Suspensi diaduk kembali selama 30 menit pada suhu kamar dan kemudian pH diturunkan menjadi 5.5. Suspensi ditempatkan kembali pada *shake incubator* (suhu 40°C; 200 rpm) selama 24 jam. Dilakukan sentrifugasi (2000 xg:15 menit), selanjutnya endapan dicuci dengan air destilata sebanyak 5 kali. Endapan dikeringkan pada suhu 40°C sampai kadar air 10-12%, dihaluskan, dan disaring dengan ayakan 100 mesh.

Karakteristik amilografi

Pengukuran karakteristik amilografi dilakukan dengan metode yang telah dikembangkan oleh Deetae *et al.* (2008) dengan menggunakan *Rapid Visco Analyzer* (RVA). Parameter yang diamati adalah suhu maksimum gelatinisasi, viskositas puncak, *holding strength*, viskositas akhir, viskositas *break-down*, dan viskositas *setback*.

Stabilitas terhadap asam

Pengukuran stabilitas terhadap asam dilakukan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Wattanachant *et al.* (2002), yaitu membandingkan pola amilografi larutan pati hasil modifikasi pada kondisi pH 3.5 dan pH 6.5. Larutan pati diuji menggunakan RVA dengan prosedur standar. Larutan pati hasil modifikasi memiliki pH pada kisaran 7.15-8.15, untuk mengatur pH hingga mencapai pH 6.5 dan pH 3.5 dilakukan penambahan larutan asam asetat 30% menggunakan pH meter.

Stabilitas beku-cair (*freeze-thaw*)

Stabilitas beku cair diukur dengan mengkombinasikan metode yang telah dikembangkan oleh Deetae *et al.* (2008) dan Lee dan Yoo (2011). Suspensi pati (5 g dalam 100 g air destilata) dipanaskan pada suhu 95°C dengan pengadukan selama 30 menit. Pasta yang terbentuk didinginkan hingga mencapai suhu kamar kemudian ditimbang 15 g dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi yang sudah diketahui bobotnya. Pasta dibekukan pada suhu -18°C selama 24 jam. Pasta beku dicairkan pada *water bath* suhu 30°C selama 1.5 jam, selanjutnya disentrifugasi (2800 xg:15 menit). Cairan didekantasi dan residunya ditimbang. Persentase sineresis dihitung berdasarkan rasio antara bobot cairan dekantasi dengan total bobot sampel awal dikalikan 100%. Siklus pengukuran stabilitas beku-cair dilakukan sampai 4 kali.

Kejernihan pasta

Pengukuran kejernihan pasta menggunakan metode yang dikembangkan oleh Kerr dan Cleveland (1959) dalam Wattanachant *et al.* (2002). Larutan pati 1% dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 95°C selama 30 menit sambil diaduk, selanjutnya didinginkan sampai mencapai suhu 25°C selama

satu jam. Kejernihan pasta diukur menggunakan spektrofotometer dengan besaran persen transmansi (%T) pada 650 nm dan air destilata digunakan sebagai blanko.

Volume sedimentasi

Pengukuran volume sedimentasi menggunakan metode yang dikembangkan oleh Tessler (1978) dalam Wattanachant *et al.* (2002). Sebanyak 1 g pati dilarutkan ke dalam 95 ml air destilata, selanjutnya pH suspensi diatur menjadi 7.0 menggunakan NaOH 5% atau HCl 5% dan dipanaskan dalam *water bath* selama 15 menit sambil diaduk. Air destilata ditambahkan lagi untuk mencapai bobot larutan 100 g. Campuran diaduk menggunakan *stirrer* kemudian dimasukkan ke dalam silinder berukuran 100 ml. Silinder ditutup dengan aluminium foil dan disimpan selama 24 jam pada suhu kamar. Volume sedimentasi diukur dari endapan yang mengandung granula yang membengkak.

Kekuatan gel (*gel strength*)

Pengukuran kekuatan gel dilakukan dengan menggunakan alat *Stable Micro System (TAXT-2 Texture Analyser)*. Pembuatan gel dilakukan menggunakan metode yang telah dikembangkan oleh Lee dan Yoo (2011). Gel dibuat dengan melarutkan 10 g pati pada 100 g air destilata, kemudian dipanaskan selama 30 menit pada suhu 95°C. Pasta yang masih panas dimasukkan ke dalam silinder plastik (diameter 3.5 cm, tinggi 4.0 cm), ditutup dengan aluminium foil dan disimpan selama 1 jam pada suhu kamar dan selama 24 jam pada suhu 4°C. Gel ditekan menggunakan silinder berdiameter 10 mm dengan kecepatan 1.0 mm/det pada jarak 10 mm. Kekuatan gel adalah nilai maksimum selama penekanan (*gram force/gf*).

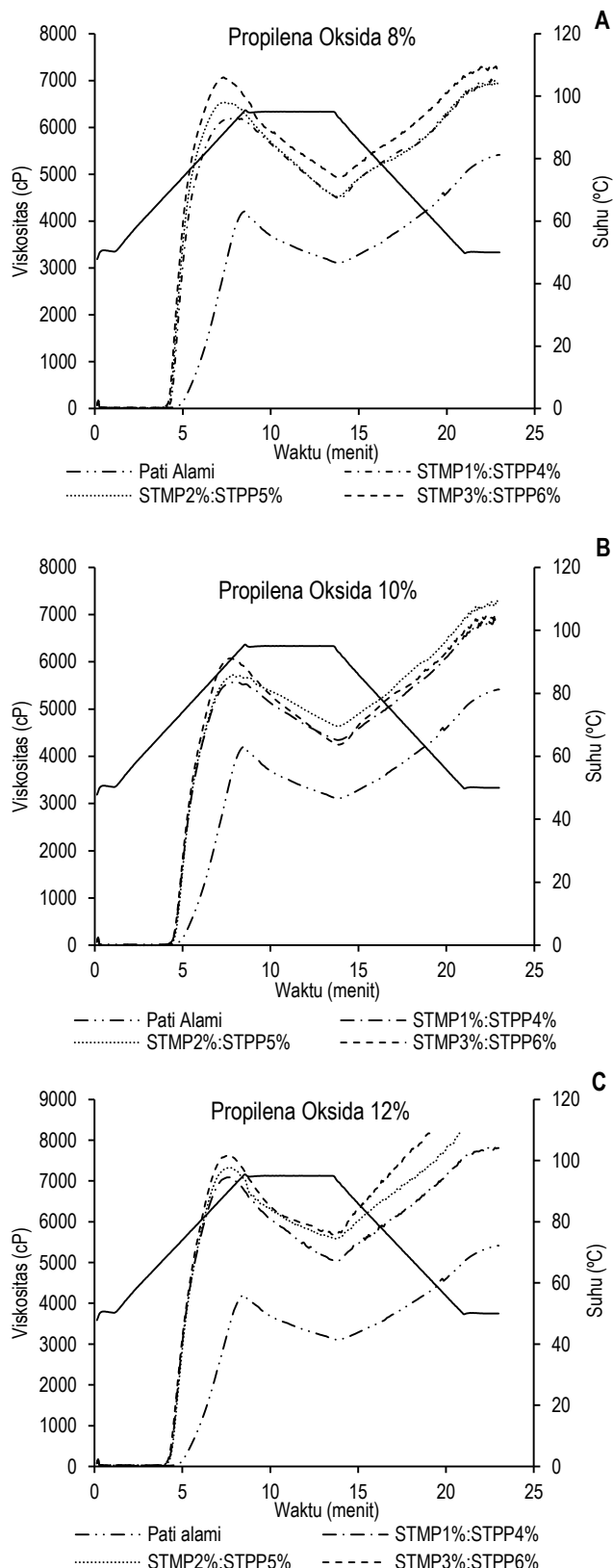
Analisis statistik

Perlakuan terdiri dari sembilan kombinasi perlakuan yang merupakan kombinasi konsentrasi propilena oksida dan garam fosfat yang diulang tiga kali. Masing-masing perlakuan dianalisis keragamannya menggunakan analisis varians ($\alpha=0.05$) dan uji beda dengan Uji Jarak Berganda Duncan ($\alpha=0.05$) menggunakan program SPSS 16.0 for Windows.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik amilografi

Profil amilografi pati garut hasil modifikasi digambarkan melalui kurva dengan menggunakan alat RVA seperti disajikan pada Gambar 1, sedangkan karakteristiknya disajikan pada Tabel 1. Pati garut alami memiliki profil gelatinisasi tipe B berdasarkan penggolongan tipe gelatinisasi menurut Scoch dan Maywald (1968) dikutip oleh Collado *et al.* (2001). Tipe B memiliki kemampuan pengembangan sedang yang ditunjukkan dengan lebih rendahnya viskositas puncak dibandingkan dengan viskositas akhir. Viskositas mengalami penurunan yang tidak terlalu tajam selama pemanasan. Setelah dilakukan modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang, profil amilografi mengalami perubahan terutama viskositas yang semakin meningkat, dan menurunnya suhu gelatinisasi dibandingkan dengan pati garut alami.



Gambar 1. Profil amilografi pati garut hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang menggunakan RVA pada berbagai kombinasi konsentrasi propilena oksida dan campuran STMP:STPP. A) Propilena oksida 8%, B) Propilena oksida 10%, C) Propilena oksida 12%

Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada setiap level konsentrasi propilena oksida terdapat kenaikan viskositas pati garut dibandingkan dengan pati alaminya. Terdapat kecenderungan semakin tinggi konsentrasi campuran STMP:STPP viskositasnya semakin meningkat. Pada level konsentrasi propilena oksida 12%, ketika suhu pemanasan diturunkan sampai 50°C, viskositas pasta mengalami kenaikan sampai level yang tidak dapat terbaca oleh alat RVA (>8000 cP). Hal tersebut menggambarkan tingkat kekentalan pati yang cukup tinggi setelah dilakukan proses modifikasi. Deetae *et al.* (2008) melaporkan bahwa kombinasi modifikasi antara taut silang dan fosforilasi menyebabkan peningkatan viskositas yang disebabkan karena reaksi taut silang dapat mempertahankan granula dari kerusakan karena tingginya penyerapan air dan reaksi fosforilasi akan memperlambat kerusakan tersebut.

Tabel 1 menjelaskan bahwa pada pH 6.5, suhu yang dibutuhkan untuk mencapai gelatinisasi dari pati hasil modifikasi lebih rendah dibandingkan dengan pati alaminya. Pati alami membutuhkan suhu 72.85°C untuk mencapai gelatinisasi, sedangkan pati hasil modifikasi membutuhkan suhu gelatinisasi yang lebih rendah (< 69°C). Hasil penelitian Hung dan Morita (2005) melaporkan bahwa pati gandum yang telah mengalami hidroksipropilasi kemudian taut silang memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah. Tingkat yang semakin tinggi dari substitusi hidroksipropil ditunjukkan dengan rendahnya suhu gelatinisasi (Miyazaki *et al.* 2006). Viskositas puncak pati garut alami pada pH 6.5 mencapai 4029 cP. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan viskositas pati yang dimodifikasi (>5500 cP). Proses modifikasi ganda terhadap pati akan menghasilkan pasta pati dengan puncak viskositas yang tinggi dan stabilitas terhadap panas dan pengadukan yang lebih baik dibandingkan pati alaminya. Hasil penelitian dari Deetae *et al.* (2008) menyatakan bahwa modifikasi taut silang pati beras dengan kombinasi 1% STMP dan 4% STPP meningkatkan viskositas puncak yang meningkat secara dramatis dibandingkan dengan pati asalnya. Kestabilan pasta pati selama pengolahan baik pada suhu tinggi maupun suhu rendah ditunjukkan dengan nilai

viskositas *breakdown* dan *setback*-nya. Viskositas *setback* pati garut relatif tinggi, yang menunjukkan kecenderungan untuk lebih mudah mengalami retrogradasi. Semakin tinggi nilai *setback* menunjukkan semakin tinggi kecenderungan untuk membentuk gel selama pendinginan. Nilai viskositas *setback* untuk pati hasil modifikasi memiliki nilai yang lebih tinggi (2353-2783 cP) dibandingkan dengan pati alaminya (2308 cP). Hal ini menunjukkan bahwa pati hasil modifikasi memiliki kecenderungan mengalami retrogradasi, terutama untuk pati yang dimodifikasi dengan propilena oksida 12%.

Stabilitas terhadap asam

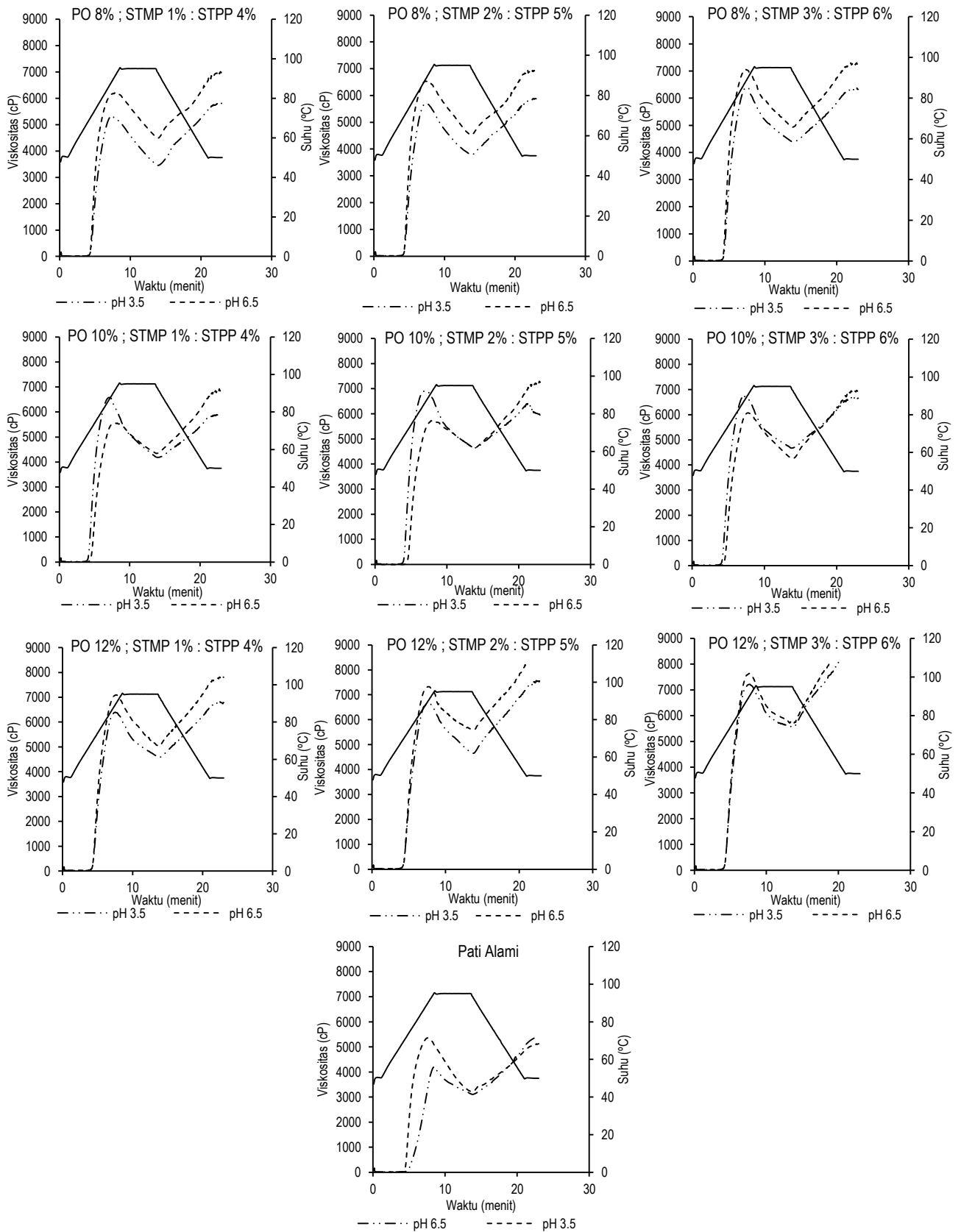
Stabilitas pati garut terhadap asam diukur dengan membandingkan karakteristik amilografi pati hasil modifikasi pada pH asam (3.5) dan pH 6.5. Hasil pengukurannya dapat dilihat pada Tabel 1, dan gambaran profil kurva RVA disajikan pada Gambar 2. Pada pH asam, umumnya seluruh pati yang diuji memiliki suhu gelatinisasi yang lebih rendah dibandingkan pada pH 6.5. Suhu gelatinisasi yang paling rendah ditunjukkan oleh pati yang dimodifikasi dengan konsentrasi propilena oksida 10% (< 68.0°C). Hal tersebut disebabkan karena lemahnya ikatan hidrogen akibat terjadinya hidrolisis asam, sehingga menyebabkan pasta mengembang dengan lebih cepat, sehingga suhu untuk mencapai gelatinisasi lebih rendah. Hal senada diungkapkan oleh Wattanachant *et al.* (2002).

Gambar 2 memperlihatkan terjadinya penurunan viskositas puncak pasta pati pada berbagai tingkat perubahan suhu dengan adanya perlakuan asam (pH 3.5) dibandingkan dengan karakteristiknya pada pH 6.5, yang ditunjukkan oleh kurva yang lebih rendah meskipun polanya relatif mirip. Viskositas *breakdown* dan viskositas *setback* pati hasil modifikasi pada pH 3.5 mengalami sedikit penurunan dibandingkan dengan pH 6.5, kecuali pada perlakuan dengan propilena oksida 10% yang mengalami peningkatan viskositas *breakdown*. Menurut Wattanachant *et al.* (2002) perlakuan asam akan menurunkan viskositas pasta dan konsistensi pati hasil modifikasi.

Tabel 1. Karakteristik amilografi pati garut hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang pada berbagai kombinasi konsentrasi menggunakan *Rapid Visco Analyzer (RVA)* pada pH 3.5 dan pH 6.5

Perlakuan	Suhu Gelatinisasi (°C)		Viskositas Puncak (cP)		Viskositas Akhir 95°C (cP)		<i>Breakdown</i> (cP)		Viskositas Akhir (cP)		<i>Setback</i> (cP)	
	3.5	6.5	3.5	6.5	3.5	6.5	3.5	6.5	3.5	6.5	3.5	6.5
Pati garut alami	72.85	70.00	4209	5357	3106	3203	1103	2154	5414	5121	2308	1918
PO 8%; STMP 1%:STPP 4%	68.85	68.80	6203	5330	4489	3454	1714	1876	6930	5799	2441	2345
PO 8%; STMP 2%:STPP 5%	68.85	68.85	6534	5689	4522	3779	2012	1919	6919	5879	2397	2100
PO 8%; STMP 3%:STPP 6%	68.85	68.45	7066	6400	4931	4390	2135	2010	7284	6326	2353	1936
PO 10%; STMP 1%:STPP 4%	69.60	67.30	5564	6581	4344	4186	1220	2395	6832	5895	2488	1709
PO 10%; STMP 2%:STPP 5%	70.00	66.90	5722	6916	4636	4641	1086	2275	7261	5959	2625	1318
PO 10%; STMP 3%:STPP 6%	69.20	67.65	6071	6786	4246	4670	1825	2116	6930	6657	2684	1987
PO 12%; STMP 1%:STPP 4%	68.45	68.40	7089	6396	5024	4572	2065	1824	7807	6783	2783	2211
PO 12%; STMP 2%:STPP 5%	68.75	68.40	7324	6673	5584	4652	1740	2021	8182	7526	2598	2874
PO 12%; STMP 3%:STPP 6%	68.00	68.00	7636	7215	5671	5562	1965	1653	8165	8207	2494	2645

Keterangan: cP = centipoise; PO = propilena oksida; STMP = *sodium tri meta phosphate*; STPP = *sodium tri poly phosphate*



Gambar 2. Ketahanan terhadap asam dari pati garut hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang pada berbagai kombinasi konsentrasi propilena oksida dan STMP:STPP menggunakan RVA

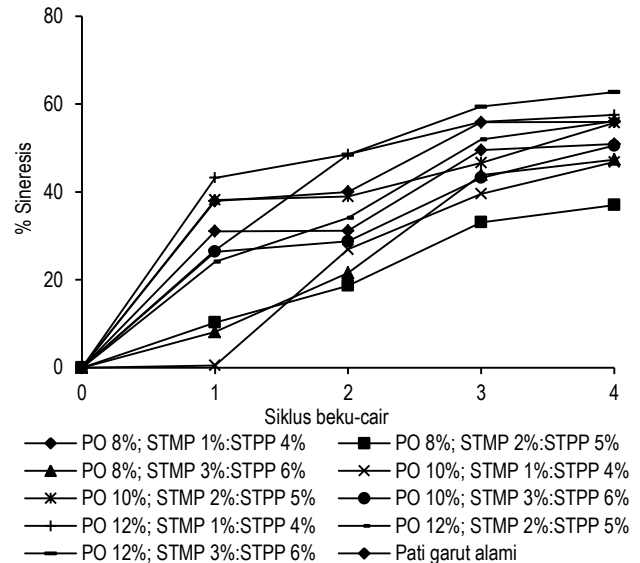
Pati garut yang dimodifikasi dengan propilena oksida 10% pada berbagai level konsentrasi STMP:STPP, mengalami perbedaan pola kurva dimana pada pH 3.5 viskositas puncak tercapai lebih tinggi tetapi selanjutnya mengalami penurunan cukup tajam (viskositas *breakdown* tinggi). Pada saat suhu diturunkan viskositas meningkat kembali dengan nilai viskositas *setback* yang lebih rendah dibandingkan dengan pH 6.5 (Tabel 1). Perbedaan yang terjadi pada perlakuan konsentrasi propilena oksida 10% disebabkan karena perlakuan tersebut memiliki nilai derajat substitusi (DS) dan derajat taut silang (DTS) yang lebih rendah (DS=0.01-0.02; DTS=32.71-43.4%) dibandingkan dengan perlakuan konsentrasi propilena oksida 8% dan 12% yang memiliki nilai DS >0.02 dan nilai DTS >47.36% (Maulani *et al.* 2013).

Keberadaan gugus hidroksipropil dan jembatan fosfat dapat menurunkan viskositas *breakdown* dengan semakin tingginya nilai derajat substitusi, derajat hidroksipropilasi, dan derajat taut silang, tetapi dapat meningkatkan viskositas *setback*-nya. Artinya, semakin tinggi nilai derajat substitusi, derajat hidroksipropilasi, dan derajat taut silang pati garut pada penelitian ini menyebabkan pati hasil modifikasi menjadi lebih tahan dalam pengolahan suhu tinggi pada kondisi pangan asam, tetapi memiliki kecenderungan mengalami retrogradasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang pada pati memberikan struktur yang cukup stabil terhadap pasta meskipun di dalam kondisi keasaman yang rendah, sehingga lebih tahan terhadap proses hidrolisis asam. Hal ini diduga karena keberadaan gugus hidroksipropil dan jembatan fosfat di dalam granula pati dapat lebih mempertahankan struktur granula dari kerusakan akibat adanya hidrolisis asam.

Stabilitas beku-cair (*freeze-thaw*)

Analisis kecenderungan pati untuk mengalami retrogradasi dapat dilakukan dengan pengukuran stabilitas beku-cair (Chen, 2003). Stabilitas beku-cair pati dapat dilihat dari proses sineresis yang terjadi pada saat dilakukan siklus beku-cair berulang. Sineresis menunjukkan adanya peningkatan ikatan hidrogen intermolekuler antara amilosa dengan amilosa, amilosa dengan amilopektin, serta amilopektin dengan amilopektin. Pola kurva sineresis pati garut hasil modifikasi disajikan pada Gambar 3.

Tingkat pemisahan air dari pasta (% sineresis) pada beberapa jenis pati semakin meningkat seiring dengan bertambahnya siklus beku-cair. Pati yang memiliki peningkatan % sineresis yang lebih stabil setelah siklus kedua digambarkan sebagai pati yang memiliki kestabilan beku-cair yang baik (Varavinit *et al.* 2002). Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa modifikasi pati garut dengan kombinasi konsentrasi propilena oksida 8% dengan campuran STMP:STPP nisbah 2%:5% dan 3%:6%; dan propilena oksida 10% dengan STMP 1%:STPP 4% memperlihatkan kestabilan beku-cair yang paling baik, karena pada akhir siklus yang keempat hanya mengalami % sineresis < 50%. Nilai sineresis yang rendah dapat digunakan sebagai indikator bahwa pati tersebut relatif stabil pada suhu rendah (Damat *et al.* 2007). Rendahnya nilai % sineresis pada perlakuan tersebut sejalan dengan nilai viskositas *setback*-nya yang rendah yang diperlihatkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Profil sineresis pati garut hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang pada berbagai kombinasi konsentrasi propilena oksida dan STMP:STPP

Kejernihan pasta

Data kejernihan pasta pati hasil modifikasi dibandingkan dengan pati alaminya disajikan pada Tabel 2. Dari tabel tersebut terlihat adanya penurunan nilai kejernihan pasta (%T₆₅₀) pati hasil modifikasi dibandingkan dengan pati alaminya. Terdapat kecenderungan penurunan nilai kejernihan pasta dengan semakin meningkatnya konsentrasi STMP/STPP. Wattanachant *et al.* (2003) menyebutkan bahwa kejernihan pasta pati sagu secara signifikan menurun setelah diberi perlakuan modifikasi ganda taut silang dan hidroksipropilasi. Terjadinya penurunan kejernihan pasta tersebut karena kecenderungan terjadinya retrogradasi (Singh *et al.* 2007).

Tabel 2. Kejernihan pasta, volume sedimentasi, dan kekuatan gel pati garut hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang pada berbagai kombinasi konsentrasi

Perlakuan	Kejernihan Pasta (%T ₆₅₀)	Volume Sedimentasi (%)	Kekuatan Gel (gf)
Pati garut alami	27.80 ± 0.80 ^f	28.08 ± 0.52 ^c	57.67 ± 1.50 ^c
PO 8%; STMP 1%:STPP 4%	20.30 ± 0.27 ^e	24.50 ± 0.50 ^b	61.77 ± 2.95 ^d
PO 8%; STMP 2%:STPP 5%	15.60 ± 0.10 ^c	31.83 ± 0.29 ^e	74.70 ± 3.05 ^f
PO 8%; STMP 3%:STPP 6%	14.53 ± 0.31 ^{ab}	35.83 ± 0.29 ^a	78.97 ± 1.10 ^a
PO 10%; STMP 1%:STPP 4%	16.23 ± 0.47 ^d	32.50 ± 0.50 ^e	66.50 ± 2.75 ^e
PO 10%; STMP 2%:STPP 5%	16.47 ± 0.06 ^d	34.50 ± 0.50 ^f	56.97 ± 0.96 ^c
PO 10%; STMP 3%:STPP 6%	14.07 ± 0.25 ^a	35.17 ± 0.29 ^g	63.83 ± 1.26 ^{ab}
PO 12%; STMP 1%:STPP 4%	15.43 ± 0.06 ^c	20.33 ± 0.29 ^a	62.57 ± 1.45 ^d
PO 12%; STMP 2%:STPP 5%	14.77 ± 0.06 ^b	29.17 ± 0.76 ^d	51.00 ± 0.46 ^b
PO 12%; STMP 3%:STPP 6%	14.33 ± 0.15 ^{ab}	29.33 ± 0.29 ^d	47.77 ± 0.31 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata menurut hasil Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%. PO = propilena oksida; STMP = *sodium tri meta phosphate*; STPP = *sodium tri poly phosphate*

Volume sedimentasi

Tabel 2 menjelaskan bahwa volume sedimentasi pati hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang memberikan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya kecuali pada perlakuan konsentrasi STMP 1%:STPP 4% pada konsentrasi propilena oksida 8% dan 12%. Keadaan ini berbeda dengan yang terjadi pada pati ubi jalar hasil modifikasi ganda dengan asetilasi (Das *et al.* 2010) dan pada pati beras (Raina *et al.* 2006) yang mengalami penurunan volume sedimentasi dibandingkan dengan pati asalnya. Hal ini diduga terjadi karena adanya ikatan taut silang dalam struktur granula pati akan mempunyai kemampuan untuk memerangkap air yang lebih banyak sehingga volume endapan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya. Dari data terlihat adanya kecenderungan volume sedimentasi yang lebih meningkat seiring dengan semakin tingginya konsentrasi garam fosfat sebagai agen taut silang.

Kekuatan gel

Kekuatan gel pati hasil modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang meningkat (61.77–78.97 gf) pada konsentrasi propilena oksida 8% tetapi mengalami penurunan (66.50–47.77 gf) pada konsentrasi propilena oksida yang semakin tinggi (Tabel 2). Berdasarkan hasil penelitian Gunaratne dan Corke (2007), reaksi hidroksipropilasi pada konsentrasi tinggi dapat menurunkan kekuatan gel, karena aksi dari gugus hidroksipropil dapat melonggarkan struktur granula pati sehingga mudah pecah, mengurangi kekompakan partikel pati yang mengembang di dalam matrik gel sehingga mendorong kekuatan gel dari pati menjadi semakin lemah.

KESIMPULAN

Perlakuan modifikasi hidroksipropilasi dan taut silang menyebabkan terjadinya perubahan sifat fungsional pada pati garut. Suhu gelatinisasi pati hasil modifikasi pada kisaran 68.45–70.00°C, nilainya lebih rendah dibandingkan dengan pati alaminya (72.85°C). Viskositas puncak pati garut yang dimodifikasi (>5500 cP) lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya (4209 cP). Viskositas *breakdown* dan *setback* pati hasil modifikasi mengalami peningkatan dibandingkan pati alaminya. Pada pH 3.5 terjadi penurunan viskositas pada berbagai tingkat perubahan suhu dibandingkan pada pH normal. Modifikasi pati garut dengan kombinasi konsentrasi propilena oksida 8% dan campuran STMP:STPP dengan nisbah 2%:5% dan 3%:6%; dan propilena oksida 10% dan campuran STMP 1%:STPP 4% memperlihatkan kestabilan beku-cair yang lebih baik. Terdapat kecenderungan penurunan nilai kejernihan pasta dengan semakin meningkatnya konsentrasi STMP/STPP. Volume sedimentasi pati hasil modifikasi pada kisaran 29.17–35.83% lebih tinggi dibandingkan dengan pati alaminya (28.08%) kecuali pada perlakuan konsentrasi STMP 1%:STPP 4% pada konsentrasi propilena oksida 8% dan 12%. Kekuatan gel meningkat (61.77–78.97 gf) pada konsentrasi propilena oksida 8% tetapi mengalami penurunan (66.50–47.77 gf) pada konsentrasi propilena oksida yang semakin tinggi.

Pati garut yang dimodifikasi menggunakan propilena oksida pada konsentrasi 8% dan 10% dengan konsentrasi garam fosfat STMP:STPP nisbah 1%:3%, 2%:5%, dan 3%:6% menunjukkan perubahan sifat fungsional dengan kestabilan yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi propilena oksida 12%, sehingga dapat dikembangkan lebih lanjut untuk diujicobakan sebagai bahan baku pangan yang tahan terhadap kondisi pengolahan (suhu tinggi, asam, dan pengadukan).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM ITB atas bantuan dana penelitian melalui Program Riset ITB Jatininggor Tahun 2011, berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Riset No: 001/I1.B02.4/PN/2011, tanggal 02 Mei 2011.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz A, Daik R, Ghani MA, Daud NIN, Yamin BM. 2004. Hydroxypropylation and acetylation of sago starch. *Malays J Chem* 6: 048-054.
- BeMiller JN. 2011. Pasting, paste, and gel properties of starch-hydrocolloid combinations, *Carbohydr Polym* 86: 386-423. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.05.064.
- Chen Z. 2003. Physicochemical Properties of Sweet Potato Starches and Their Application in Noodle Products [Thesis]. The Netherland Wageningen University.
- Collado LS, Mabesa LB, Oates CG, Corke H. 2001. Bihon-type of noodles from heat-moisture treated sweet potato starch. *J Food Sci* 66: 604-609. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2001.tb04608.x.
- Damat H, Marsono Y, Nurcahyanto M. 2007. Efektivitas lama reaksi sintesis pati garut butirat. *J Agritek* 15: 1009-1013.
- Das AB, Singh G, Singh S, Riar CS. 2010. Effect of acetylation and dual modification on physico-chemical, rheological and morphological characteristics of sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch. *Carbohydr Polym* 80: 725-732. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.12.018.
- Deetae P, Shobsngob S, Varayanond W, Chinachoti P, Naivikul O, Varavinit S. 2008. Preparation, pasting properties and freeze-thaw stability of dual modified crosslink-phosphorylated rice starch. *Carbohydr Polym* 73: 351-358. DOI: 10.1016/j.carbpol.2007.12.004.
- Gunaratne A, Corke H. 2007. Functional properties of hydroxypropylated, cross-linked, and hydroxypropylated cross-linked tuber and root starches. *Cereal Chem* 84: 30-37. DOI: 10.1094/CCHEM-84-1-0030.
- Hung PV, Morita N. 2005. Physicochemical properties of hydroxypropylated and cross-linked starches from A-type and B-type wheat starch granules. *Carbohydr Polym* 59: 239-246. DOI: 10.1016/j.carbpol.2004.09.016.
- Lee HL, Yoo B. 2011. Effect of hydroxypropylation on physical and rheological properties of sweet potato starch. *LWT-*

- Food Sci Technol 44: 765-770. [DOI: 10.1016/j.lwt.2010.09.012](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.012).
- Liu H, Ramsden L, Corke H. 1997. Physical properties and enzymatic digestibility of acetylated *ae*, *wx*, and normal maize starches. *Carbohydr Polym* 34: 283-289. [DOI: 10.1016/S0144-8617\(97\)00130-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(97)00130-6).
- Maulani RR, Fardiaz D, Kusnandar F, Sunarti TC. 2013. Characterization of chemical and physical properties of hydroxypropylated and cross-linked arrowroot (*Marantha arundinacea*) starch. (*In Press, Accepted Manuscript*). *J Eng Technol Sci* 45B (3): 1-15. DOI: 10.5614/j.eng.technol.sci. xxxx.xx.x.x.
- Miyazaki M, Hung PV, Maeda T, Morita N. 2006. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Trend Food Sci Tech* 17: 591-599. [DOI: 10.1016/j.tifs.2006.05.002](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2006.05.002).
- Pal J, Singhal RS, Kulkarni PR. 2002. Physicochemical properties of hydroxypropyl derivative from corn and amaranth starch. *Carbohydr Polym* 48: 49-53. [DOI: 10.1016/S0144-8617\(01\)00209-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00209-0).
- Raina CS, Singh S, Bawa AS, Saxena DC. 2006. Some characteristics of acetylated, cross-linked and dual modified Indian rice starches. *Eur Food Res Technol* 223: 561-570. [DOI: 10.1007/s00217-005-0239-z](https://doi.org/10.1007/s00217-005-0239-z).
- Singh J, Kaur L, McCarthy OJ. 2007. Factors influencing the physicochemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications – A review. *Food Hydrocoll* 21: 1-22. [DOI: 10.1016/j.foodhyd.2006.02.006](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.02.006).
- Varavinit S, Shobsngob S, Varayanond V, Chinachoti P, Naivikul O. 2002. Freezing and thawing conditions affect the gel stability of different varieties of rice flour. *Starch-Starke*. 54: 31-36. [DOI: 10.1002/1521-379X\(200201\)54:1<31::AID-STAR31>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/1521-379X(200201)54:1<31::AID-STAR31>3.0.CO;2-E).
- Wattanachant S, Muhammad K, Hashim DM, Rahman RA. 2003. Effect of crosslinking reagents and hydroxypropylation levels on dual-modified sago starch properties. *Food Chem* 80: 463-471. [DOI: 10.1016/S0308-8146\(02\)00314-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00314-X).
- Wattanachant S, Muhammad SKS, Hashim DM, Rahman RA. 2002. Characterisation of hydroxypropylated crosslinked sago starch as compared to commercial modified starches. *Songklanakarin J Sci Technol* 24: 439-450.
- Wurzburg OB. 1989. *Modified Starches: Properties and Uses*, 4th printing, CRC Press, Boca Raton, FL., p.273.