TEPUNG TALAS BOGOR TERMODIFIKASI HASIL OKSIDASI MENGGUNAKAN HIDROGEN PEROKSIDA DENGAN DAN TANPA IRADIASI SINAR UV

MODIFIED BOGOR TARO FLOUR USING HYDROGEN PEROXIDE WITH AND WITHOUT UV LIGHT IRRADIATION

Riyanti Ekafitri^{1,2}, Yudi Pranoto¹, Ainia Herminiati², Taufik Rahman²

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada,

²Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia,
Jl.K.S.Tubun No. 5 Subang, Jawa Barat
Alamat Email: riyantiekafitri@yahoo.com

Diterima : 23-07-2018

Direvisi : 30-07-2018

Disetujui : 08-08-2018

ABSTRAK

Peningkatan mutu tepung talas dapat dilakukan dengan modifikasi secara kimia melalui proses oksidasi menggunakan hidrogen peroksida yang dikatalis dengan iradiasi UV. Tujuan penelitian ini adalah mengamati karakteristik tepung talas yang dioksidasi dengan hidrogen peroksida dan diberi perlakuan dengan dan tanpa iradiasi sinar UV selama waktu tertentu. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 2 faktor: (1) perlakuan tanpa dan dengan iradiasi UV dan (2) waktu reaksi selama 5, 15, dan 30 menit. Analisa yang dilakukan diantaranya: proksimat, kandungan karboksil, nilai L, a, b, profil gelatinisasi, *swelling power* dan *baking expansion*. Hasil menunjukkan bahwa komposisi kimia tepung talas bogor terbesar adalah komponen pati (84,03%). Perlakuan oksidasi tepung talas dengan hidrogen peroksida tanpa atau disertai dengan iradiasi UV mengubah sifat fisiko kimia dan *baking expansion* tepung talas: meningkatkan kandungan karboksil, menurunkan kecerahan warna (nilai L, a, b), meningkatkan *swelling power* dan *baking expansion*, meningkatkan *peak viscosity*, *final viscosity*, dan *breakdown viscosity*, menurunkan *setback viscosity*, *peak time* dan *peak temperature*, dibandingkan dengan tepung talas alami. Perlakuan oksidasi hidrogen peroksida dengan iradiasi UV memiliki karakteristik kandungan karboksil yang lebih tinggi, nilai L, a, b yang lebih rendah, dan *peak viscosity*, *final viscosity*, serta *breakdown viscosity* yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan oksidasi hidrogen peroksida secara tunggal. Waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi (5-30 menit) tidak berpengaruh signifikan pada sebagian besar parameter uji. *Baking expansion* tepung talas tertinggi dihasilkan pada perlakuan oksidasi dengan iradiasi UV selama 15 menit sebesar 32,46%.

Kata kunci : tepung talas, oksidasi, iradiasi UV

ABSTRACT

To improve the quality of taro flour can be done by oxidation process using hydrogen peroxide catalyzed by UV irradiation. The objective of this study was to observe the characteristics of taro flour which was oxidized with hydrogen peroxide and treated with and without UV irradiation for a certain time. The experimental design used was a complete randomized design with 2 factors: (1) treatment without and with UV irradiation and (2) reaction time for 5, 15, and 30 minutes. Analyzes conducted include: proximate, carboxyl content, L, a, b, gelatinization profile, swelling power and baking expansion. The results showed that the largest chemical composition of taro flour was the starch component (84.03%). Oxidation of taro flour with hydrogen peroxide without or with UV irradiation changes the physicochemical properties and baking expansion of taro flour: increases carboxyl content, decreases color brightness (L, a, b), increases swelling power and baking expansion, increases peak viscosity, final viscosity, and breakdown viscosity, decreases setback viscosity, peak time and peak temperature compared with native taro flour. The hydrogen peroxide oxidation treatment with UV irradiation has higher carboxyl contents, lower L, a, b, and peak viscosity, final

viscosity, and higher viscosity breakdown than taro flour which was oxidized by hydrogen peroxide without UV irradiation. Oxidation/oxidation-irradiation time (5 to 30 minutes) give no significant effect on almost all parameters. The highest baking expansion of taro flour was produced in the oxidation treatment with UV irradiation for 15 minutes as much as 32.46%.

Keywords: taro flour oxidation, UV irradiation

PENDAHULUAN

Tepung dan pati merupakan salah satu produk antara yang dibutuhkan dalam berbagai aplikasi pangan. Di industri pangan, tepung dan pati digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan roti, sereal sarapan, pasta, saus, sup, *confectionary*, *coating*, dan produk daging (Vanier *et al.*, 2017). Modifikasi tepung dan pati telah banyak dilakukan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat tepung dan pati alami sehingga sesuai dengan aplikasi pangan yang diinginkan. Menurut Zhou *et al.* (2016) tepung dan pati alami memiliki sifat stabilitas terhadap panas yang buruk, ketahanan terhadap pemanasan yang rendah, dan mudah mengalami retrogradasi sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut salah satunya dengan modifikasi kimia yaitu proses oksidasi.

Selama proses oksidasi, gugus hidroksil pada molekul pati akan teroksidasi menjadi gugus karbonil dan kemudian menjadi gugus karboksil. Jumlah gugus karbonil dan karboksil yang terbentuk mengindikasikan tingkat oksidasi yang terjadi (Vanier *et al.*, 2017). Selain itu, proses oksidasi juga mengakibatkan perubahan pada profil gelatinisasi (Dias *et al.*, 2011), dan peningkatan *baking expansion* (Sausania 2014; Thetool *et al.*, 2012a, 2012b). Tepung atau pati teroksidasi memiliki viskositas rendah, stabilitas panas yang tinggi, retrogradasi rendah, daya ikat, sifat pembentukan film, dan kejernihan yang lebih baik dibandingkan pati alami, sehingga dapat memperluas penggunaannya pada berbagai produk olahan pangan seperti untuk produk *cake* (Budiyati dan Dessy, 2014), pembuatan sup kental (Zhou *et al.*, 2016), *biodegradable film* (Fonseca *et al.*, 2015), dan sebagai *binder* untuk produk *confectionary* (Singh *et al.*, 2007). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan sifat fungsional pada tepung teroksidasi memperluas penggunaan tepung pada berbagai aplikasi pangan.

Salah satu metode oksidasi pati adalah dengan menggunakan oksidator seperti hidrogen peroksida. Dias *et al.* (2011) menyatakan bahwa hidrogen peroksida merupakan oksidator yang banyak digunakan secara komersial dan tidak menyebabkan hasil samping yang berbahaya. Peningkatan tingkat oksidasi pati, dapat dilakukan dengan menggunakan sinar UV sebagai katalisator. Oksidasi dengan katalisator UV dipengaruhi oleh intensitas (Sausania, 2014), waktu penyinaran (Sausania, 2014; Thetool *et al.*, 2012a), jenis sinar UV (Vatanasuchart *et al.*, 2005), dan konsentrasi *slurry*. Menurut Thetool *et al.*, (2012a) iradiasi UV pada pati sagu teroksidasi pada konsentrasi *slurry* 1:6, selama 15 menit meningkatkan gugus karbonil, karboksil, *swelling power*, kelarutan, viskositas puncak, viskositas pasta panas, viskositas pasta dingin, kandungan amilosa akibat depolimerasi rantai pati, dan *baking expansion* pati sagu sebesar 65,6% dibandingkan dengan pati alami.

Indonesia memiliki banyak tanaman umbi umbian yang berpotensi diolah menjadi tepung atau pati. Salah satu jenis umbi tradisional Indonesia adalah talas. Menurut Arici *et al.* (2016) tepung talas memiliki total pati 58,5-63%, pati resisten 33,5-51,4%, serat pangan 12,8-14,0%, dan komponen fenolik 1,2-4,17 g GA/L, serta kandungan mineral yang cukup lengkap. Sementara menurut Ekafitri (2017), tepung talas memiliki kadar air 9,30 %, kadar abu 0,76 %, kadar lemak 0,31%, kadar protein 3,36%, kadar serat kasar 2,00, kadar pati 84,03, dan kadar amilosa 13,26.

Pati dalam tepung talas memiliki kelemahan diantaranya kecenderungan retrogradasi tinggi, kestabilan dan ketahanan pasta yang rendah serta mengandung oksalat yang

menyebabkan iritasi pada jaringan bila dikonsumsi. Hal ini mengakibatkan keterbatasan tepung talas dalam aplikasinya pada proses pengolahan.

Proses modifikasi kimia yang dilakukan terhadap tepung talas untuk meningkatkan mutu tepung talas dilakukan oleh Budiati dan Dessy (2014) yaitu dengan penggunaan hidrogen peroksida sebanyak 2% tanpa iradiasi sinar UV. Belum ditemukan adanya penelitian yang melihat pengaruh proses oksidasi hidrogen peroksida yang dikatalis dengan sinar UV. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengamati karakteristik tepung talas yang dioksidasi dengan hidrogen peroksida dan diberi perlakuan dengan dan tanpa iradiasi sinar UV selama waktu tertentu.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah umbi talas bogor (*Colocasia esculanta* L. Schoot) dengan usia panen 8 bulan yang diperoleh dari pasar Bogor, garam, hidrogen peroksida 30%, dan bahan kimia untuk analisa. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *slicer*, *cabinet dryer*, *vibrator screen*, alat katalisator UV, oven pemanggang, dan peralatan analisa seperti: *Colorimeter (NH310, China)*, *Rapid Visco Analyzer (RVA-Tec Master Perten, Sweden)*.

Metodologi

Kegiatan penelitian dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu: pembuatan tepung talas, oksidasi dan iradiasi tepung talas, dan pengamatan karakteristik tepung talas yang dihasilkan.

Persiapan tepung talas (Aprianita *et al.*, 2014 dengan modifikasi)

Tepung talas dibuat dari umbi talas bogor (*Colocasia esculanta* L. Schoot). Umbi talas bogor dikupas kemudian di potong dan dicuci untuk menghilangkan getah. Selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran terhadap umbi talas menggunakan alat *slicer*. Kemudian irisan umbi talas direndam dalam larutan NaCl 10% untuk menurunkan kadar oksalat yang dapat menyebabkan rasa gatal dan iritasi jaringan apabila dikonsumsi. Setelah itu dilakukan pencucian sebanyak 5 kali, perendaman kembali, penirisan, dan diikuti dengan pengeringan menggunakan *cabinet dryer* hingga diperoleh irisan talas kering. Irisan talas kering kemudian ditepungkan dan diayak sehingga dihasilkan tepung talas.

Oksidasi/oksidasi-iradiasi tepung talas (Tethool *et al.*, 2012a, 2012b)

Tepung talas yang diperoleh dioksidasi menggunakan alat katalisator UV. Tepung talas dan air hasil *reverse osmosis* dengan perbandingan 1:5 dicampurkan dengan oksidator hidrogen peroksida sebanyak 2% dari berat kering tepung talas dalam tangki katalisator UV. Kemudian dilakukan pengadukan untuk mencegah terjadinya gelembung pengendapan yang diikuti dengan pengaliran *slurry* tepung yang terbentuk dalam tabung iradiasi UV selama waktu perlakuan 5; 15; 30 menit. Untuk perlakuan tanpa iradiasi, terhadap *slurry* tepung hanya tambahkan hidrogen peroksida disertai pengadukan tanpa pengaliran dalam tabung iradiasi UV. Setelah proses oksidasi dan iradiasi berhenti, *slurry* tepung disentrifuse dengan kecepatan 1200 g selama 5 menit dan dicuci sebanyak 3 kali. Selanjutnya *cake* tepung yang diperoleh dikeringkan hingga diperoleh tepung talas hasil modifikasi dengan kadar air 10-13%.

Analisa

Analisa kimia yang dilakukan meliputi kadar air, lemak, protein, abu dan serat kasar (AOAC, 1995), kadar karbohidrat (*difference method*), uji kandungan karboksil (Demiate *et al.*, 2000 dengan modifikasi), analisa warna (*Rapid Visco Analyser Tec Master*) (Khausul *et al.*, 2012), analisa *baking property* (Setya, 2015), *swelling power* (Tester and Morison, 1990), Profil gelatinasi (Khausul *et al.*, 2012 dengan modifikasi).

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) untuk mengetahui karakteristik tepung talas oksidasi hidrogen peroksida yang dihasilkan dari perlakuan dengan dan tanpa iradiasi UV dan waktu oksidasi/ oksidasi-iradiasi. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisa menggunakan ANOVA dengan uji lanjut Duncan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tepung talas bogor termodifikasi

Kandungan karboksil

Selama proses oksidasi gugus hidroksil pada molekul pati akan pertama kali teroksidasi menjadi gugus karbonil dan kemudian gugus karboksil. Jumlah gugus karboksil yang terbentuk merupakan salah satu indikasi tingkat oksidasi yang terjadi (Vanier *et al.*, 2017). Kandungan gugus hidroksil tepung talas alami dan yang diberi perlakuan dengan dan tanpa iradiasi sinar UV selama 5-30 menit ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kandungan karboksil tepung talas tiap perlakuan berbeda signifikan ($p \leq 0,05$). Kandungan karboksil tepung talas hasil oksidasi hidrogen peroksida dan oksidasi hidrogen peroksida-iradiasi sinar UV berkisar antara 0,0517-0,0812%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan kadar karboksil pati sagu yaitu 0,23-0,44% dengan perlakuan oksidasi-iradiasi selama 10-20 menit (Tethool *et al.*, 2012b) tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan karboksil pada pati jagung yaitu 0,019-0,049% dengan perlakuan oksidasi menggunakan natrium hipoklorit (Shandu *et al.*, 2008). Kandungan karboksil tepung talas ini cukup rendah. Menurut El-Sheikh *et al.* (2010) selama reaksi, sejumlah pati teroksidasi terdegradasi menjadi lebih larut air, sehingga terbuang saat proses pencucian bersama dengan kandungan gugus karbonil dan karboksil.

Tabel 1. Karakteristik tepung talas bogor termodifikasi hasil perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi UV selama 5-30 menit dibandingkan dengan tepung talas alami

Perlakuan		Kandungan karboksil (%) [*]	Warna			<i>Swelling power</i> (g/g) [*]	Volume spesifik (ml/g) [*]	<i>Baking expansion</i> (%)
Tanpa dan dengan iradiasi UV	Waktu oksidasi/ oksidasi-iradiasi (menit)		L	a	b			
Alami	-	0,0002 ^a	82,75 ^a	2,20 ^a	6,38 ^a	9,31 ^a	2,91 ^a	-
Tanpa iradiasi UV	5	0,0517 ^a	82,23 ^{ab}	2,20 ^{ab}	5,24 ^{bc}	10,68 ^{ab}	3,40 ^{ab}	16,72
	15	0,0595 ^b	81,81 ^{bc}	1,76 ^b	5,47 ^b	10,59 ^{ab}	3,55 ^b	21,81
	30	0,0649 ^{bc}	81,42 ^{cd}	1,95 ^c	5,01 ^c	10,15 ^{ab}	3,52 ^b	20,80
Dengan iradiasi UV	5	0,0727 ^{cd}	81,09 ^{cd}	1,63 ^{bc}	5,30 ^{bc}	11,51 ^b	3,41 ^{ab}	17,27
	15	0,0812 ^d	81,04 ^{cd}	1,76 ^b	5,09 ^c	10,73 ^{ab}	3,86 ^b	32,46
	30	0,0698 ^{de}	80,95 ^d	1,59 ^c	5,13 ^{bc}	11,04 ^b	3,52 ^b	23,77

^{*} *superscript* yang sama pada kolom yang sama menunjukkan sampel tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 5% berdasarkan analisa sidik ragam ANOVA dan uji lanjut Duncan.

Tepung talas yang diberi perlakuan iradiasi sinar UV memiliki kandungan karboksil yang lebih tinggi dibandingkan dengan tepung talas yang hanya diberi perlakuan oksidasi hidrogen peroksida tanpa iradiasi sinar UV selama 5-30 menit dan semakin lama waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi, kandungan karboksil tepung talas semakin meningkat. Tethool *et al.* (2012a, 2012b) mengkombinasikan penggunaan hidrogen peroksida dengan sinar UV sebagai foto inisiator menghasilkan gugus karbonil dan karboksil yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan hidrogen peroksida secara tunggal pada pati sagu. Hidrogen peroksida oleh adanya iradiasi UV menghasilkan radikal bebas dan keberadaan gugus hidroksil pada pati berperan sebagai donor hidrogen. Radikal bebas yang dihasilkan akan beraksi dengan gugus hidroksil pada molekul pati membentuk pati makroradikal yang selanjutnya memicu pembentukan gugus karbonil dan karboksil (El-Sheikh *et al.*, 2010). Waktu oksidasi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi oksidasi pada pati. Semakin lama waktu iradasi, proses oksidasi semakin intensif (Dewi, 2011). Kandungan karboksil tertinggi pada perlakuan oksidasi hidrogen peroksida dan iradiasi sinar UV selama 15 menit (0,0812%) kemudian menurun pada perlakuan oksidasi-iradiasi selama 30 menit (0,0698%). Peningkatan karboksil ini dapat disebabkan oleh oksidasi lanjut gugus karbonil menjadi gugus karboksil dan setelah 15 menit terjadi reaksi dekarboksilasi yang menyebabkan penurunan gugus karboksil (El-Sheikh *et al.*, 2010).

Warna

Tabel 1 menunjukkan pengaruh perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi tepung talas selama 5-30 menit terhadap parameter warna tepung talas. Nilai L menunjukkan tingkat kecerahan sampel. Semakin cerah sampel yang diukur, maka nilai L akan mendekati 100. Sebaliknya semakin gelap sampel, nilai L akan mendekati 0. Nilai a merupakan parameter pengukuran warna kromatik campuran merah-hijau. Bila a bernilai positif, sampel cenderung berwarna merah. Sebaliknya, bila a bernilai negatif maka sampel cenderung berwarna hijau. Nilai b merupakan parameter pengukuran warna kromatik campuran kuning-biru. Bila b bernilai positif, sampel cenderung berwarna kuning dan bila b bernilai negatif maka sampel cenderung berwarna biru.

Tepung talas alami secara subjektif memiliki warna putih agak kemerahan dan berdasarkan pengamatan kuantitatif dengan *colorimeter* tepung talas memiliki nilai L sebesar 82,97, a sebesar 2,13 dan b sebesar 6,08. Nilai L sebesar 82,97 pada tepung talas menunjukkan tepung talas memiliki warna yang putih yang cukup cerah. Nilai a sebesar 2,13 tepung talas menunjukkan tepung talas memiliki kecenderungan berwarna merah yang dapat disebabkan oleh warna merah muda pada bagian kulit talas yang terikut saat penepungan dan nilai b sebesar 6,08 menunjukkan tepung talas juga memiliki kecenderungan berwarna kuning. Hal ini sesuai dengan yang diungkap oleh Aboubakar *et al.* (2008) bahwa tepung talas memiliki warna putih (nilai L yang tinggi), sedikit merah (nilai a rendah) dan sedikit kuning (nilai b rendah). Nilai kuning pada tepung talas dapat disebabkan oleh sejumlah karbohidrat dan protein yang berperan dalam pengembangan pencoklatan enzimatis (Jamin dan Flores, 1998).

Pada Tabel 1 terlihat bahwa perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi UV pada tepung talas menyebabkan penurunan nilai L, a, dan b yang berbeda signifikan dibandingkan dengan tepung talas alami ($p \leq 0,05$). Perlakuan dengan iradiasi UV memiliki nilai L, a, b yang lebih rendah (80,95-81,09; 1,59-1,76; 5,09-5,30) dibandingkan dengan tepung talas yang hanya dikenai perlakuan oksidasi hidrogen peroksida (81,42-82,23; 1,76-2,20; 5,01-5,47). Semakin lama waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi terlihat kecenderungan nilai L, a, dan b yang semakin menurun. Menurut Jenie *et al.* (1997) oksidasi merupakan salah satu faktor yang menyebabkan penurunan mutu warna. Hidrogen peroksida oleh adanya iradiasi UV menghasilkan radikal bebas yang dapat mengoksidasi komponen dalam tepung talas seperti

fenolik, protein, lemak yang menyebabkan penurunan kecerahan warna tepung. Hal ini serupa dengan yang terjadi pada oksidasi dan iradiasi pati sagu selama 10 menit menunjukkan terjadinya penurunan kecerahan pati. Hal ini diduga karena adanya enzim polifenolase pada pati sagu yang memicu terjadinya pencoklatan enzimatik (Thethool *et al.*, 2012b). Aktivitas enzim polifenolase meningkat dengan adanya sinar UV mengakibatkan pencoklatan enzimatik yang lebih tinggi. Hasil penelitian ini berbeda dengan pati pisang yang dioksidasi menggunakan natrium hipoklorit yang menghasilkan peningkatan kecerahan (L) (Rivera *et al.*, 2005).

Adanya reaksi oleh hidrogen peroksidas dan iradiasi UV sebagai *photosensitizer* menyebabkan terjadinya oksidasi yang lebih efektif sehingga menurunkan nilai a dan b. Menurut Rivera *et al.* (2005), pada reaksi oksidasi, sebagian pigmen dan protein teroksidasi terlebih dahulu sebelum unit glukosa sehingga senyawa-senyawa tersebut sebagian akan hilang, mengakibatkan pengurangan intensitas warna kuning pada tepung (nilai b). Hal yang sama diduga terjadi pada pengurangan intensitas warna merah (nilai a) pada tepung.

Swelling power

Swelling power adalah kemampuan pati untuk menghidrasi pada kondisi tertentu (Vanier *et al.*, 2017) yang ditentukan dengan pengukuran berat granula pati yang membengkak dan air yang terserap dan tertahan dalam granula pati (Falade dan Chidinma, 2015). *Swelling power* tepung talas alami dan tepung talas perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi tepung talas selama 5-30 menit disajikan pada Tabel 1. *Swelling power* tepung talas alami sebesar 9,31 g/g lebih tinggi dibandingkan dengan *swelling power* yang dilaporkan oleh Falade dan Chidinma (2015) dan Budiati dan Dessy (2014) yaitu 3,18-4,81 dan 4,03 g/g. Tepung talas hasil oksidasi/oksidasi iradiasi memiliki *swelling power* yang lebih tinggi dan berbeda signifikan dibandingkan dengan *swelling power* tepung talasi ($p \leq 0,05$). Perlakuan tanpa dan dengan iradiasi UV serta lama waktu oksidasi/ oksidasi-iradiasi tidak menunjukkan perbedaan nilai *swelling power* yang signifikan berbeda ($p \geq 0,05$). Namun, penggunaan iradiasi UV memiliki kecenderungan *swelling power* yang lebih tinggi (10,73-11,51 g/g) dibandingkan perlakuan tanpa iradiasi UV (10,15-10,68 g/g). Peningkatan *swelling power* pada tepung talas teroksidasi ini disebabkan oleh depolimerisasi rantai amilosa yang mengurangi derajat kristalinitas dan menyebabkan molekul air masuk dalam rantai amilopektin sehingga meningkatkan *swelling power* tepung (Budiati dan Dessy, 2014).

Baking property

Tabel 1 menunjukkan volume spesifik dan sifat *baking expansion* tepung talas alami dan tepung talas dengan perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi tepung talas selama 5-30 menit. Tepung talas alami memiliki volume spesifik sebesar 2,91 ml/g yang meningkat signifikan pada perlakuan oksidasi hidrogen peroksida tanpa dan dengan iradiasi UV ($p < 0,05$) menjadi 3,40-3,86 ml/g. Perlakuan dengan dan tanpa iradiasi UV tidak menunjukkan perbedaan volume spesifik yang signifikan berbeda ($p \geq 0,05$). Tepung talas hasil perlakuan oksidasi hidrogen peroksida yang disertai dengan iradiasi UV selama 15 menit menunjukkan volume spesifik tertinggi sebesar 3,86 ml/g atau derajat pengembangan (*baking expansion*) meningkat 32,46% dibandingkan tepung talas alami (2,91 ml/g). Sedangkan volume spesifik terendah dihasilkan dari dari perlakuan oksidasi hidrogen peroksida tanpa perlakuan UV selama 5 menit yaitu 3,40 ml/g atau *baking expansion* meningkat hanya 16,72% dibandingkan tepung alami.

Oksidasi dengan hidrogen peroksida disertai iradiasi UV menghasilkan volume spesifik yang lebih besar selama 15 menit waktu reaksi dibandingkan tanpa iradiasi UV dan perlakuan lainnya disebabkan karena iradiasi UV menyebabkan proses oksidasi berlangsung lebih efektif dan menghasilkan gugus karbonil dan karboksil yang lebih banyak sehingga

kemampuan pati mengikat air dan mengembang pada saat pemanggangan menjadi lebih besar (Vatanasuchart *et al.*, 2005; Sangseethong, 2010). Peningkatan kapasitas hidrasi pati berkontribusi pada peningkatan daya ikat air dalam molekul pati, sehingga mempengaruhi penguapan air dan tekanan internal selama proses pemanggangan (Thetool *et al.*, 2012b). Namun Anindya dan Haryadi (2014) menyatakan bahwa *baking expansion* yang tinggi tidak ditunjukkan dengan tingginya pembentukan gugus karbonil dan karboksil. Hal ini disebabkan kesetimbangan antara jumlah gugus karbonil dan karboksil yang dibutuhkan untuk mendapatkan tingkat pengembangan maksimal (Dias *et al.*, 2011).

Profil gelatinisasi tepung talas bogor

Granula pati dapat dibuat membengkak luar biasa tetapi bersifat tidak dapat kembali lagi pada kondisi semula. Perubahan tersebut disebut gelatinisasi. Alay dan Maria (2015) menyatakan gelatinisasi terjadi saat pati dipanaskan pada kondisi air berlebih, yaitu saat air terdifusi kedalam granula pati kemudian mengembang disebabkan oleh hidrasi fase amorphous menyebabkan hilangnya kristalinitas. Syamsir *et al.* (2012) menyatakan bahwa fenomena yang mengikuti gelatinisasi disebut dengan *pasting*. Gambar 1 menunjukkan pengaruh perlakuan oksidasi dan oksidasi-iradiasi tepung talas selama 5-30 menit terhadap profil gelatinisasi tepung talas dibandingkan dengan profil gelatinisasi tepung talas alami.

Gambar 1. Profil gelatinisasi tepung talas bogor alami dan hasil modifikasi oksidasi hidrogen peroksida dengan dan tanpa perlakuan UV

Peak viscosity (viskositas maksimum) titik maksimum viskositas pasta yang dihasilkan selama proses pemanasan. Pada titik ini granula pati yang mengembang mulai pecah dan diikuti dengan penurunan viskositas. Viskositas maksimum tepung talas alami pada penelitian ini adalah 4043,50 cP lebih tinggi dibandingkan yang dilaporkan oleh Kaushal *et al.* (2012) dan Aprianita *et al.* (2014) yaitu 1946 cP dan 30 cP. Hal ini dapat disebabkan oleh perbedaan varietas dan komposisi kimia umbi talas yang digunakan. *Peak viscosity* tepung talas hasil oksidasi/oksidasi iradiasi lebih tinggi dan berbeda signifikan dibandingkan dengan

peak viscosity tepung talas alami ($p \leq 0,05$) dan *peak viscosity* tepung talas hasil oksidasi hidrogen peroksida dan iradiasi sinar UV menunjukkan nilai yang lebih tinggi (4658-4824,50 cP) dan signifikan berbeda ($p \leq 0,05$) dibandingkan dengan yang hanya diberi perlakuan oksidasi hidrogen peroksida (4988,50-5361,50 cP). Waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi 5-30 menit tidak menunjukkan nilai *peak viscosity* yang berbeda nyata ($p \geq 0,05$). Kecenderungan yang sama ditunjukkan dengan nilai *final viscosity*. *Peak viscosity* tertinggi dihasilkan dari perlakuan oksidasi yang disertai dengan iradiasi UV selama 30 menit yaitu 5361,50 cP dan *final viscosity* tertinggi dihasilkan pada perlakuan oksidasi yang disertai dengan iradiasi UV selama 5 menit yaitu 3713,00 cP.

Menurut Vanier *et al.* (2012) peningkatan *peak viscosity* dan *final viscosity* pada pati teroksidasi menunjukkan adanya pati ikatan silang (*crosslinked starch*). Peningkatan *peak viscosity* dikaitkan dengan pembentukan ikatan silang hemiasetal atau hemiketal dari proses oksidasi yang terjadi hampir disepanjang molekul amilopektin dan pada tingkat yang lebih rendah diantara molekul amilopektin dan amilosa. Menurut Kuakpetoon dan Wang (2006) dan Wang dan Wang (2003) *crosslinking* meningkatkan berat molekul dan viskositas pasta. Iradiasi UV meningkatkan efektifitas oksidasi sehingga lebih meningkatkan *peak viscosity* dan *final viscosity* tepung talas. Kuakpetoon dan Wang (2001) menyatakan tingginya *peak viscosity* juga disebabkan karena adanya gugus karbonil dan karboksil yang memicu terjadinya *swelling* pada granula. Hal ini selaras dengan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 bahwa adanya iradiasi UV pada tepung talas yang dioksidasi hidrogen peroksida memiliki gugus hidroksil yang lebih tinggi.

Breakdown viscosity berhubungan dengan kestabilan pati selama pemanasan. Semakin rendah *breakdown viscosity*, maka pati semakin stabil pada kondisi panas. *Breakdown viscosity* merupakan ukuran kemudahan pati yang dimasak untuk mengalami disintegrasi. *Breakdown viscosity* tepung talas alami pada penelitian ini adalah 1791,00 cP lebih tinggi dibandingkan dengan *breakdown viscosity* tepung talas yang diungkapkan oleh Kaushal *et al.*, (2012) (200 Cp) dan Kaffah (2012) yaitu 1155,6 Cp. *Breakdown viscosity* tepung talas alami lebih rendah (1791,00 Cp) tetapi tidak berbeda signifikan dengan *breakdown viscosity* tepung talas yang hanya diberi perlakuan oksidasi hidrogen peroksida (1904-2237,50) ($p \geq 0,05$) dan berbeda signifikan dibandingkan dengan tepung talas yang diberi perlakuan oksidasi dan iradiasi UV (2417-2704 Cp) ($p \leq 0,05$). Meningkatnya *Breakdown viscosity* tepung talas yang diberi perlakuan UV menghasilkan tepung talas yang semakin mudah mengalami disintegrasi artinya tidak stabil terhadap pemanasan. Hal ini serupa dengan pati sagu yang dioksidasi dengan hidrogen peroksida dan iradiasi UV selama 10-20 menit meningkatkan *breakdown viscosity* pati sagu dari -8,5 cP menjadi 5-36 5 cP (Thetool *et al.*, 2012b).

Nilai kenaikan viskositas ketika pasta pati didinginkan disebut *setback viscosity*. Kenaikan viskositas yang terjadi disebabkan oleh retrogradasi pati, yaitu bergabungnya rantai molekul amilosa yang berdekatan melalui ikatan hidrogen intermolekuler. Penurunan nilai *setback viscosity* menunjukkan kecenderungan retrogradasi yang rendah (Kaushal *et al.*, 2012). Nilai *setback viscosity* tepung talas yang dihasilkan adalah 1120 cP lebih tinggi dibandingkan dengan *setback viscosity* yang dihasilkan oleh Kaushal *et al.* (2012) yaitu 487 cP. Hal ini menunjukkan bahwa tepung talas memiliki kecenderungan retrogradasi yang tinggi. Perlakuan oksidasi/ oksidasi-iradiasi menurunkan nilai *setback viscosity* tepung talas dibandingkan nilai *setback viscosity* tepung talas alami namun tidak berbeda signifikan ($p \geq 0,05$). Waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi juga tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada parameter *setback viscosity* ($p \geq 0,05$). Penurunan kecenderungan retrogradasi yang terjadi disebabkan oleh adanya gugus karbonil dan karboksil pada molekul pati yang lebih bervolume (*bulky*) dibandingkan gugus hidroksil dan cenderung menjaga agar rantai amilosa terpisah sehingga menghambat terjadinya retrogradasi

(Tavares *et al.*, 2010; Liu *et al.*, 2014). Menurut Sandhu *et al.* (2008) menambahkan bahwa hidrofilisitas gugus karboksil pada molekul pati teroksidasi menurunkan kecenderungan retrogradasi. Nilai *setback viscosity* terendah dihasilkan dari perlakuan tanpa iradiasi UV selama 30 menit yaitu 692 cP.

Pasting temperature (PT) mengindikasikan suhu minimum yang dibutuhkan untuk memasak tepung (Vanier *et al.*, 2017). Tingginya PT mengindikasikan adanya pati yang tahan terhadap pembengkakan dan kerusakan (Khausul *et al.*, 2012). *Pasting temperature* tepung talas alami sebesar 81,50°C lebih rendah dibandingkan dengan *pasting temperature* tepung talas yang dilaporkan oleh Falade dan Chidinma (2015) yaitu 89,58-91,15°C. Perbedaan *pasting temperature* ini dapat disebabkan oleh perbedaan ukuran granula pati pada tepung. Zheng *et al.* (2013) menyatakan bahwa *pasting temperature* tergantung pada ukuran granula pati dalam tepung, ukuran granula kecil lebih tahan terhadap kerusakan molekul. Proses oksidasi/oksidasi-iradiasi menghasilkan penurunan *pasting temperature* tepung talas yang berbeda signifikan dibandingkan dengan *pasting temperature* tepung talas alami ($p \leq 0,05$), tetapi antara perlakuan dengan dan tanpa iradiasi UV dan lamanya waktu oksidasi/oksidasi iradiasi tidak menunjukkan perbedaan *pasting temperature* yang signifikan ($p \geq 0,05$). Proses oksidasi/oksidasi iradiasi menurunkan *pasting temperature* tepung talas menjadi 80,30-80,70°C dengan nilai *pasting temperature* terendah pada perlakuan oksidasi-iradiasi dengan penggunaan UV selama 30 menit (80,30°C). Penurunan *pasting temperature* ini disebabkan oleh selama proses oksidasi terjadi pelemahan dan disintegrasi molekul pati (Lawal, 2014). Hasil penelitian ini memiliki kecenderungan yang sama dengan pati sagu yang dioksidasi menggunakan hidrogen peroksida dan iradiasi sinar UV selama 10-20 menit yaitu terjadi penurunan *pasting temperature* dibandingkan dengan alami (Thetool *et al.*, 2012b) yang disebabkan oleh peningkatan kapasitas hidrasi molekul pati sehingga energi yang dibutuhkan untuk terjadinya proses gelatinisasi menurun (Zaidul *et al.*, 2007; Wang dan Wang, 2003).

Peak time mengindikasikan waktu yang dibutuhkan tepung/pati untuk mencapai viskositas maksimum. *Peak time* tepung talas alami pada penelitian ini adalah 7,37 menit lebih tinggi dibandingkan *peak time* tepung talas yang dilaporkan oleh Falade dan Chidinma (2015) yaitu 5,17-6,34 menit. Proses oksidasi/oksidasi-iradiasi menghasilkan penurunan *peak time* tepung talas yang berbeda signifikan dibandingkan dengan *peak time* tepung talas alami ($p \leq 0,05$), tetapi antara perlakuan dengan dan tanpa iradiasi UV dan lamanya waktu oksidasi/oksidasi iradiasi tidak menunjukkan perbedaan *peak time* yang signifikan ($p \geq 0,05$). Proses oksidasi/oksidasi iradiasi menurunkan *peak time* tepung talas menjadi 7,20-7,30 menit dengan nilai *peak time* terendah pada perlakuan oksidasi-iradiasi dengan penggunaan UV selama 30 menit (7,20 menit). Al-Dmoor (2013) menyatakan bahwa penggunaan tepung hasil oksidasi menurunkan suhu gelatinisasi (*pasting temperature*) dan waktu gelatinisasi (*peak time*) pati dalam tepung, sehingga aplikasinya pada produk *cake* memungkinkan *cake* lebih cepat matang.

KESIMPULAN

Perlakuan oksidasi tepung talas dengan hidrogen peroksida tanpa atau disertai dengan iradiasi UV mengubah sifat fisiko kimia dan *baking expansion* tepung talas: meningkatkan kandungan karboksil, menurunkan kecerahan warna (nilai L, a, b), meningkatkan *swelling power* dan *baking expansion*, meningkatkan profil gelatinisasi seperti *peak viscosity*, *final viscosity*, dan *breakdown viscosity*, menurunkan *setback viscosity*, *peak time* dan *peak temperature*, dibandingkan dengan tepung talas alami. Perlakuan oksidasi hidrogen peroksida yang disertai dengan iradiasi UV memiliki karakteristik kandungan karboksil yang lebih tinggi, nilai L, a, b yang lebih rendah, dan *peak viscosity*, *final viscosity*, serta

breakdown viscosity yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan oksidasi hidrogen peroksida secara tunggal. Waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi (5-30 menit) tidak berpengaruh signifikan terhadap sebagian besar parameter uji. Parameter *baking expansion* memiliki kecenderungan meningkat pada waktu oksidasi/oksidasi-iradiasi selama 15 menit kemudian menurun pada menit ke 30. *Baking expansion* tepung talas tertinggi dihasilkan pada perlakuan oksidasi yang disertai dengan iradiasi UV selama 15 menit sebesar 32,46% dibandingkan tepung talas alami. Perubahan sifat tepung talas hasil oksidasi ini menjadikan tepung talas sesuai diaplikasikan pada pembuatan sup kental, saus sebagai *thickener agent* karena memiliki *peak viscosity* yang tinggi dan kecenderungan retrogradasi yang rendah serta dapat pula diaplikasikan pada produk *bakery* karena memiliki peningkatan *baking expansion*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Kementrian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI subkegiatan Rekayasa Sistem Produksi Tepung Umbi Termodifikasi tahun 2017 atas bantuan pendanaan dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aboubakar, Njintang, Y.N., ScherJ, Mbofung CMF. 2008. Physicochemical, Thermal Properties and Microstructure of Six Varieties of Taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering* 86, 294-305.
- Alay, S.C.A dan Maria, A.A.M. 2015. Physicochemical Properties, Modifications and Applications Of Starches From Different Botanical Sources. *Food Science and Technology*, Campinas 35 (2): 215-236.
- Al-Dmoor, H.M. 2013. Cake Flour: Functionality And Quality (Review). *European Scientific Journal* 9 (3) 1857-7431.
- Anindya, A.S. dan Haryadi. 2014. Oksidasi Hancuran Singkong Menggunakan H₂O₂ dan Asam Laktat dengan Katalisator Ferrous Sulfate Heptahydrate untuk Meningkatkan Baking Expansion. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3(4),128-134.
- Aprianita, A., Odor, V., Anna, B., Stefan, K. 2014. Physicochemical Properties of Flours and Starches Derived from Traditional Indonesian Tubers and Roots. *Journal of Food Science and Technology* 51(12):3669–3679.
- Arici, M., Rusen. M.Y., Gorkem,O., Burcu,Y., Omer, S.T. 2016. Physicochemical And Nutritional Properties of Taro (*Colocasia Esculenta* L. Schott) Flour as Affected by Drying Temperature and Air Velocity. *Food Science and Technology Journal* 74 ,434-440.
- Association of Official Agriculture Chemistry (AOAC). (1995). *Official Methods of Analysis, 16th Edition*. Association of Official Agriculture Chemistry. AOAC Gaithersburg, Maryland
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2009. SNI 3751:2009. Tepung Terigu sebagai Bahan Makanan. BSN. Jakarta
- Budiyati, C.S. dan Dessy. 2014. Taro Tube Flour Modification via Hydrogen Peroxide Oxidation. *International Journal of Science and Engineering* 7(2) 137-142.
- Demiate, I.M., Dupuy, N., Huvenne, J.P., Cereda, M.P., Wosiacki, G. 2000. Relationship Between Baking Behavior Of Modified Cassava Starches and Starch Chemical Structure Determined by FTIR Spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, 42, 149-158.

- Dewi, A.M.P. 2011. Oksidasi Tapioka dengan Hidrogen Peroksida dan Katalis Iradiasi UV C serta Aplikasinya untuk Edible Film. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Dias, A.R.G, Elessandra da R.Z., Moacir, C. E., Elizabethe, Fernanda A de M, Carolina, G.Z., Cesar, F.C. 2011. Oxidation of Fermented Cassava Starch Using Hydrogen Peroxide. *Carbohydrate Polymers Journal* 86,185–191.
- El-Sheikh, M., Mohammed, A. R., Amira, El-S. 2010. Photo-Oxidation Of Rice Starch. Part I: Using Hydrogen Peroxide. *Carbohydrate Polymers* 80, 266–269.
- Ekafitri, R. Peningkatan Kualitas Cake Berbahan Baku Tepung Talas (*Colocasia Esculenta* L. Schott) Hasil Modifikasi Oksidasi H₂O₂ dan Iradiasi Sinar UV. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, Uiversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Falade, K.O. dan Chidinma, A.O. 2015. Physical, Functional, and Pasting Properties of Flours From Corms of Two Cocoyam (*Colocasia Esculenta* And *Xanthosoma Sagittifolium*) Cultivars. *Food Science and Technology Journal* 52(6):3440–3448.
- Fonseca, L.M, Julia, R.G., Shanise, L.M.E.H., Vania, Z.P., Alvaro, R.G.D., Andressa, C.J., Elessandra da, R.Z. 2015. Oxidation of Potato Starch with Different Sodium Hypochlorite Concentrations and Its Effect on Biodegradable Films. *Food Science and Technology Journal* 60,714-720.
- Jamin, F.F. dan Flores, R.A. 1998. Effect of Additional Separation and Grinding on the Chemical and Physical Properties of Selected Corn Drymilled Streams. *Cereal Chemistry Journal* 75, 166–170.
- Jenie, B.S.L, Helianti, Fardiaz, S. 1997. Pemanfaatan Ampas Tahu, Onggok dan Dedak untuk Produksi Pigmen Merah oleh *Monascus Purpureus*. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan* 5, 22-29.
- Kaffah, F.F.S. 2012. Karakteristik Tepung Talas (*Colocasia Esculenta* (L) Schott) dan Pemanfaatannya dalam Pembuatan Cake. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kaushal, P., Viviek, K., Sharma, H.K.. 2012. Comparative Study Of Physicochemical, Functional, Antinutritional And Pasting Properties Of Taro (*Colocasia Esculenta*), Rice (*Oryza Sativa*) Flour, Pigeonpea (*Cajanus Cajan*) Flour And Their Blends. *Food Science and Technology Journal* 48, 59-68.
- Kuakpetoon, D., dan Wang, Y.J. 2001. Characterization of Different Starches Oxidized by Hypochlorite. *Starch/Stärke Journal*, 53, 211–218.
- _____, dan _____. 2006. Structural Characteristics and Physicochemical Properties of Oxidized Corn Starches Varying in Amylose Content. *Carbohydrate Research Journal* 341, 1896–1915.
- Lawal, O. S. (2004). Composition, physicochemical properties and retrogradation characteristics of native, oxidized, acetylated and acid-thinned new cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) starch. *Food Chemistry*. **87**: 205–218.
- Liu, J., Wang, B., Lina, L., Zhang, J., Liu, W., Xie, J., Ding, Y. 2014. Functional, Physicochemical Properties and Structure of Cross-Linked Oxidized Maize Starch. *Food Hydrocolloids Journal* 36, 45–52.
- Rivera, M.M.S., Garcia, S.F.J.L., del Valle, M.V., Meraz, F.G., Bello-Perez, L.A . 2005. Partial Characterization of Banana Starches Oxidized by Different Levels of Sodium Hypochlrite. *Carbohydrate Polymer* 62: 50-56.
- Sandhu, K.S., Kaur, M., Singh, N., Lim, S. 2008. A Comparison Of Native and Oxidized Normal And Waxy Corn Starches: Physicochemical, Thermal, Morphological and Pasting Properties. *Food Science and Technology Journal* 41, 1000–1010.

- Sausania, A. 2014. Oksidasi dan Iradiasi Tepung Ubi Kayu dengan Hidrogen Peroksida dan Sinar UV-C Menggunakan Tumbler untuk Meningkatkan *Baking Expansion*. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sangseethong, K., Termvejsayanon, N., Sriroth, K. 2010. Characterization of Physicochemical Properties of Hypochlorite and Peroxide-Oxidized Cassava Starches. *Carbohydrate Polymers Journal* 82, 446–453.
- Setya, A. 2015. Iradiasi Sinar UV-C pada Hancuran Singkong dalam Larutan Asam Laktat Hidrogen Peroksida untuk Mendapatkan Tepung dengan *Baking expansion* yang Meningkat. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 4(1), 17-21.
- Singh, J., Kaur, L., McCarthy, O.J. 2007. Factors Influencing the Physico-Chemical, Morphological, Thermal and Rheological Properties of Some Chemically Modified Starches For Food Applications—A Review. *Food Hydrocolloids Journal* 21, 1–22.
- Srichuwong, S., Sunarti, T.C., Mishima T, Isono N, Hisamatsu M. 2005. Starches From Different Botanical Sources II: Contribution Of Starch Structure To Swelling And Pasting Properties. *Carbohydrate Polymer Journal*, 62:25–34.
- Syamsir, E., Purwiyatno, H., Dedi, F., Nuri, A., Feri, K. 2012. Pengaruh Proses Heat Moisture Treatment (HMT) terhadap Karakteristik Fisikokimia Pati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 13 (1) : 100-106....
- Tavares, A.C.K., Zanatta, E., Zavareze, E.R., Helbig, E., Dias, A.R.G. 2010. The Effect of Acid and Oxidative Modification on The Expansion Properties of Rice Flours With Varying Levels of Amylose. *LWT-Food Science And Technology* 43 : 1213-1219.
- Tethool, E.F., Abadi, J., dan Budi, S. 2012a. Pengaruh Konsentrasi Hydrogen Peroxida Dan Iradiasi Ultraviolet Terhadap Sifat Fisikokimia dan Baking Expansion Pati Sagu. *Prosiding Insinas* 331-335
- _____, _____, dan _____. 2012b. Characterization of Physicochemical and Baking Expansion Properties of Oxidized Sago Starch Using Hydrogen Peroxide and Sodium Hypochlorite Catalyzed By UV Irradiation. *Food Science and Quality Management Journal* 10, 1-11.
- Tester, R.F. dan Morrison, W.R. 1990. Swelling Gelatinization of Cereal Starches I. Effect of Amylopectin, Amylase And Lipids. *Cereal Chemistry Journal* 67: 551-557.
- Vatanasuchart, N., Naivikul, O., Charoenrein, S. S. K. 2005. Molecular Properties of Cassava Starch Modified With Different UV Irradiations To Enhance Baking Expansion. *Carbohydrate Polymers Journal* 61, 80-87.
- Vanier, N.L., Zavareze, E.R., Pinto, V.Z., Klein, B., Botelho, F.T., Dias, A.R.G, Elias, M.C. 2012. Physicochemical, Crystallinity, Pasting And Morphological Properties of Bean Starch Oxidised By Different Concentrations of Sodium Hypochlorite. *Food Chemistry Journal* 131, 1255–1262.
- Vanier, N.L., Shanise, L.M.E.H., Alvaro, G.D., E da, R.Z. 2017. Molecular Structure, Functionality and Applications of Oxidized Starches: A Review. *Food Chemistry Journal* 221, 1546–1559.
- Wang, Y.J., dan Wang, L. 2003. Physicochemical Properties of Common and Waxy Corn Starch Oxidized By different Level of Sodium Hypochlorite. *Carbohydrate Polymers Journal* 52 : 207-217.
- Yadav, A.R., Guha, M., Tharanathan, R.N., Ramteke, R.S. 2006. Changes in Characteristics of Sweet Potato Flour Prepared by Different Drying Techniques. *Food Science and Technology Journal* 39:20–26.
- Zaidul, I.S.M., Norulaini, N.A.N., Omar, A.K.M., Yamauchi, H., Noda, T. 2007. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. *Carbohydrate Polymer Journal* 69:784–791.

- Zeng, F., Liu, H., Liu, G. 2013 Physicochemical properties of starch extracted from *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Bun-long taro) grown in Hunan, China. *Starch/Stärke Journal* 65:1–7.
- Zhou, F., Qian, L., Hongwei, Z., Qian, C., Baohua, K. 2016. Potato Starch Oxidation Induced by Sodium Hypochlorite and Its Effect on Functional Properties and Digestibility. *International Journal of Biological Macromolecules Journal* 84 : 410–417.