

ARTIKEL

Evaluasi Penambahan Propilen Glikol Alginat (PGA) dan *Isolated Soy Protein* (ISP) sebagai *Rheological Modifier* terhadap Parameter Fisik Mi Jagung

Oleh :

Fahim Muhammad Taqi

Subarna

Rarasari Clorinita Utomo

**FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2026**

Evaluasi Penambahan Propilen Glikol Alginat (PGA) dan *Isolated Soy Protein* (ISP) sebagai *Rheological Modifier* terhadap Parameter Fisik Mi Jagung

Effect of Propylene Glycol Alginate (PGA) and Isolated Soy Protein (ISP) Addition as Rheological Modifier on the Physical Parameters of Corn Noodle

Rarasari Clorinita Utomo, Fahim Muhammad Taqi*, Subarna

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

*Penulis korespondensi: email fahimtaqi@apps.ipb.ac.id

Abstrak

Mi jagung berpotensi dikembangkan sebagai produk diversifikasi pangan untuk mengurangi ketergantungan terhadap beras dan terigu, namun sering memiliki tekstur yang kurang optimal akibat retrogradasi pati selama pemasakan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan propilen glikol alginat (PGA) pada taraf 0, 0.25, 0.5, 0.75, dan 1% serta isolated soy protein (ISP) pada taraf 0, 5, dan 10% (b/b terhadap tepung) sebagai rheological modifier terhadap kehilangan padatan akibat pemasakan (KPAP), elongasi, tekstur (kekerasan, kekenyalan, kelengketan), struktur mikroskopis, dan penerimaan sensori mi jagung yang dibuat dengan ekstruder pemasak-pencetak. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial dua faktor dengan dua ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi PGA dan ISP berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap seluruh respon yang diamati. Penambahan PGA secara tunggal menurunkan KPAP, kekerasan, dan kelengketan mi, sedangkan kombinasinya dengan ISP pada taraf 5% dan 10% menghasilkan efek yang berbeda, yaitu meningkatkan kekerasan dan kekenyalan. Nilai KPAP terendah (9.56%) diperoleh pada formula dengan 10% ISP dan 1% PGA, sedangkan elongasi tertinggi (269.34%) diperoleh pada formula 5% ISP dan 1% PGA. Pengamatan mikroskop polarisasi menunjukkan bahwa penambahan PGA dan ISP menurunkan derajat gelatinisasi pati secara kualitatif. Berdasarkan uji rating hedonik, formula yang paling disukai adalah mi dengan penambahan 0.5% PGA tanpa ISP, dengan karakteristik tekstur yang mendekati produk pasta komersial.

Kata kunci: *elongasi, isolated soy protein (ISP), KPAP, propilen glikol alginat (PGA), tekstur pangan*

Abstract

Corn noodle has potential as a food diversification product to reduce dependence on rice and wheat, but often exhibits suboptimal texture due to starch retrogradation during cooking. This study aimed to evaluate the effect of propylene glycol alginate (PGA) at 0, 0.25, 0.5, 0.75, and 1% and isolated soy protein (ISP) at 0, 5, and 10% (w/w flour basis) as rheological modifiers on cooking loss, elongation, texture (hardness, cohesiveness, adhesiveness), microscopic structure, and sensory acceptance of corn noodles produced with a cooker-extruder. A two-factor factorial design with two replications was used. Results showed that the interaction between PGA and ISP significantly affected ($p < 0.05$) all observed responses. PGA addition alone decreased cooking loss, hardness, and adhesiveness, while its combination with 5% and 10% ISP increased hardness and cohesiveness. The lowest cooking loss (9.56%) was obtained from the formula with 10% ISP and 1% PGA, while the highest elongation (269.34%)

was obtained from the formula with 5% ISP and 1% PGA. Polarized microscopy showed that PGA and ISP addition qualitatively decreased the degree of starch gelatinization. Based on hedonic rating tests, the most preferred formula was corn noodle with 0.5% PGA without ISP, exhibiting textural characteristics close to a commercial pasta product.

Keywords: *cooking loss, elongation, food texture, isolated soy protein (ISP), propylene glycol alginate (PGA)*

PENDAHULUAN

Diversifikasi pangan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan masyarakat Indonesia terhadap beras dan terigu. Konsumsi mi berbasis terigu terus meningkat, padahal gandum masih diimpor dalam jumlah besar; data Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia (APTINDO 2014) mencatat volume impor gandum meningkat dari 6.2 juta ton pada 2012 menjadi 6.7 juta ton pada 2013. Jagung merupakan komoditas lokal dengan produksi nasional mencapai 19.8 juta ton pada 2015 (BPS 2015), sehingga berpotensi dikembangkan menjadi mi jagung sebagai alternatif pengganti nasi maupun mi terigu. Mi jagung memiliki keunggulan nilai energi yang lebih tinggi dibandingkan nasi, indeks glikemik sedang, kandungan beta karoten sebagai sumber provitamin A, serta cocok bagi penderita alergi gluten dan autisme (Juniawati 2003, Hartono 2011).

Permasalahan utama dalam pengembangan mi jagung berbasis 100% tepung jagung adalah karakteristik reologi yang belum optimal, seperti tingginya kehilangan padatan akibat pemasakan (KPAP), kekerasan, dan kelengketan, akibat retrogradasi pati yang terjadi setelah gelatinisasi (Indrawuri 2009, Muhandri et al. 2011, Hattunisa 2011). Retrogradasi terjadi karena terlepasnya amilosa dari granula pati yang kemudian membentuk ikatan antarmolekul sehingga meningkatkan kekerasan dan kelengketan mi. Beberapa penelitian sebelumnya telah mencoba memperbaiki karakteristik ini melalui penambahan bahan tambahan pangan seperti CMC, baking powder, gliserol monostearat (GMS), NaCl, dan guar gum (Hattunisa 2011, Subarna et al. 2012, Muhandri dan Subarna 2009, Muhandri et al. 2013), namun masing-masing masih memiliki keterbatasan, misalnya efek negatif terhadap kelengketan atau nilai kekerasan yang masih tinggi.

Propilen glikol alginat (PGA) merupakan hasil esterifikasi alginat dengan propilen glikol yang berfungsi sebagai zat pengikat (stabilizer, emulsifier, plastisizer) dan dilaporkan mampu menurunkan retrogradasi pati dengan mencegah keluarnya amilosa dari granula pati (Chawan et al. 1998, Lee et al. 2000). Isolated soy protein (ISP) adalah bentuk protein kedelai paling murni (kadar protein $\pm 95\%$) yang berperan sebagai bahan pengikat melalui pembentukan jaringan protein-pati sehingga menahan lepasnya padatan selama pemasakan (Brown 2001, Gopalakrishnan et al. 2011, Detchewa et al. 2016). Kombinasi kedua bahan ini diduga dapat memperbaiki parameter fisik mi jagung secara sinergis melalui pembentukan ikatan kovalen antara gugus manuronat pada PGA dan gugus lisin pada ISP (Dickinson dan Walstra 2011, Hua et al. 2003). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penambahan PGA dan ISP, baik secara tunggal maupun kombinasi, terhadap parameter fisik (KPAP, elongasi, kekerasan, kekenyalan, kelengketan), struktur mikroskopis, dan penerimaan sensori mi jagung.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah tepung jagung jenis BISI berukuran 80 mesh (PT Matahari Corn Mill, Kediri), isolated soy protein (ISP), dan propilen glikol alginat (PGA) (PT PAFA Mandiri). Peralatan utama meliputi hand mixer, ekstruder pemasak-pencetak (Scientific Laboratory Single Screw type LE 25-30/C), oven cabinet dryer, texture analyzer Stable Micro-System TA-XT2i, dan mikroskop polarisasi.

Rancangan Percobaan

Penelitian menggunakan rancangan acak faktorial dua faktor dengan dua ulangan. Faktor A adalah taraf penambahan ISP (0, 5, 10%) dan faktor B adalah taraf penambahan PGA (0, 0.25, 0.5, 0.75, 1%), sehingga diperoleh 15 kombinasi formula (F1–F15). Model rancangan yang digunakan adalah $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$, dengan Y_{ijk} adalah nilai pengamatan, μ rata-rata umum, A_i pengaruh utama ISP, B_j pengaruh utama PGA, AB_{ij} pengaruh interaksi, dan ϵ_{ijk} galat percobaan. Data dianalisis dengan ANOVA pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan menggunakan SPSS.

Pembuatan Mi Jagung

Mi jagung dibuat mengacu pada metode Muhandri et al. (2011) dengan modifikasi. Tepung jagung (200 g) dicampur dengan PGA, ISP, dan air (70% terhadap berat kering tepung) menggunakan hand mixer selama 5 menit. Adonan kemudian dimasak dan dicetak menggunakan ekstruder pemasak-pencetak pada suhu 90°C dengan kecepatan ulir 130 rpm untuk menghasilkan mi basah, yang selanjutnya dikeringkan menggunakan cabinet dryer selama ± 12 jam hingga diperoleh mi jagung kering.

Prosedur Analisis

Karakteristik bahan baku dianalisis melalui distribusi ukuran partikel (Michaela et al. 2013), analisis proksimat (AOAC 2005), dan kadar amilosa (AOAC 1995). Parameter fisik mi jagung matang meliputi KPAP (Oh et al. 1985), persen elongasi dan texture profile analysis (kekerasan, kekenyalan, kelengketan) menggunakan texture analyzer dengan probe silinder berdiameter 35 mm (kecepatan uji 1 mm/s, kedalaman tekan 75%). Struktur mikroskopis granula pati diamati menggunakan mikroskop polarisasi perbesaran 400× untuk menilai derajat gelatinisasi secara kualitatif berdasarkan sifat birefringence pati. Uji sensori dilakukan dengan metode rating hedonik balanced incomplete block terhadap atribut kekerasan, kekenyalan, kelengketan, dan penerimaan keseluruhan menggunakan skala kategori enam poin (1 = sangat tidak suka hingga 6 = sangat suka) dengan 35 panelis tidak terlatih (Gochran dan Cox 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku

Analisis distribusi ukuran menunjukkan 74.7% tepung jagung lolos ayakan 80 mesh namun tertahan pada ayakan 100 mesh, memenuhi syarat mutu SNI 01-3727 (1995) yang

mensyaratkan minimal 70% tepung lolos ayakan 80 mesh. Ukuran partikel yang halus dan seragam penting untuk mempercepat penetrasi panas dan air sehingga gelatinisasi berlangsung merata dan menghasilkan tekstur mi yang lebih kokoh (Suhendro et al. 2000, Hatcher et al. 2002).

Karakteristik kimia tepung jagung yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Kadar air dan abu telah memenuhi standar SNI 01-3727 (1995), sedangkan kadar amilosa sebesar 28.07% tergolong sedang (normal) dan berpotensi menghasilkan mi dengan daya ikat yang cukup baik (Muhandri 2009, Tam et al. 2004).

Tabel 1 Karakteristik kimia tepung jagung

Parameter	Nilai (% bb)
Kadar Air	9.05
Kadar Abu	0.43
Lemak	1.68
Protein	5.31
Karbohidrat	83.53
Amilosa	28.07

Sumber: Hasil analisis proksimat dan kadar amilosa tepung jagung BISI 80 mesh

Kehilangan Padatan Akibat Pemasakan (KPAP)

Interaksi PGA dan ISP berpengaruh signifikan ($p < 0.05$) terhadap KPAP mi jagung, dengan nilai berkisar 9.56–21.76% (Tabel 2). Pada taraf 0% ISP, penambahan PGA hingga 0.75% menurunkan KPAP secara signifikan, karena PGA membentuk kompleks yang stabil dengan pati sehingga mencegah keluarnya amilosa selama pemasakan (Chawan et al. 1998). Pada taraf 5% dan 10% ISP, peningkatan PGA menghasilkan penurunan KPAP yang lebih besar dibanding penggunaan PGA tunggal, menunjukkan efek sinergis antara protein ISP dan polisakarida PGA yang membentuk ikatan kovalen yang lebih kokoh dalam menahan komponen adonan (Gopalakrishnan et al. 2011, Dickinson dan Walstra 2011). Nilai KPAP terendah (9.56%) diperoleh pada kombinasi 10% ISP dan 1% PGA.

Persen Elongasi

Nilai elongasi mi jagung berkisar 125.84–269.34% (Tabel 2) dan dipengaruhi signifikan oleh interaksi PGA dan ISP ($p < 0.05$). Pada 0% ISP, elongasi meningkat signifikan hanya pada penambahan 1% PGA. Penambahan 5% ISP meningkatkan elongasi pada seluruh taraf PGA, sejalan dengan terbentuknya ikatan amida antara residu manuronat PGA dan gugus lisin ISP yang memperkuat jaringan mi terhadap gaya tarik (Hua et al. 2003, Dickinson dan Walstra 2011). Sebaliknya, pada 10% ISP nilai elongasi justru lebih rendah dibanding 5% ISP karena mi menjadi lebih keras dan kaku sehingga mudah patah (Merdiyanti 2008). Elongasi tertinggi (269.34%) diperoleh pada kombinasi 5% ISP dan 1% PGA.

Kekerasan, Kekenyalan, dan Kelengketan

Pada formula tanpa ISP, peningkatan PGA secara konsisten menurunkan kekerasan (2978→2346 gF) dan kelengketan, serta meningkatkan kekenyalan, karena PGA mencegah retrogradasi pati yang menjadi penyebab utama peningkatan kekerasan dan kelengketan mi

(Kurniawati 2006, Eliasson dan Gudmundsson 1996). Namun pada penambahan 5% dan 10% ISP, pola berbalik: peningkatan PGA justru meningkatkan kekerasan dan kekenyalan mi secara signifikan, dengan nilai kekerasan tertinggi (6380 gF) pada kombinasi 10% ISP dan 1% PGA. Hal ini disebabkan interaksi protein ISP dan polisakarida PGA membentuk ikatan kovalen yang kokoh (Dickinson dan Walstra 2011), sehingga efek gabungan kedua bahan menghasilkan matriks mi yang lebih rigid. Pada atribut kelengketan, kombinasi PGA dan ISP secara umum efektif menurunkan nilai kelengketan dibanding kontrol, dengan efek penurunan terbesar pada kombinasi 10% ISP dan 1% PGA, sejalan dengan hasil KPAP terendah pada kombinasi yang sama.

Tabel 2 Rata-rata karakteristik fisik mi jagung matang pada berbagai kombinasi ISP dan PGA

Formula	ISP (%)	PGA (%)	KPAP (%)	Elongasi (%)	Kekerasan (gF)	Kelengketan (gF)	Kekenyalan
F1	0	0	21.76	125.84	2978.0	-6.21	0.56
F2	0	0.25	17.29	156.46	2824.3	-4.94	0.56
F3	0	0.5	15.90	151.76	2631.8	-2.10	0.59
F4	0	0.75	13.94	158.96	2510.7	-1.42	0.64
F5	0	1	17.62	167.46	2346.0	-1.10	0.63
F6	5	0	17.02	152.02	3240.6	-4.65	0.57
F7	5	0.25	14.54	201.04	4890.2	-4.64	0.67
F8	5	0.5	15.72	237.47	5436.3	-1.95	0.65
F9	5	0.75	14.92	220.46	4751.4	-2.18	0.66
F10	5	1	13.85	269.34	5728.4	-2.03	0.67
F11	10	0	15.94	183.24	3988.0	-4.40	0.49
F12	10	0.25	12.38	195.24	5125.2	-4.21	0.65
F13	10	0.5	12.54	229.86	5810.7	-2.18	0.64
F14	10	0.75	10.85	213.31	5455.1	-1.22	0.66
F15	10	1	9.56	226.54	6379.9	-1.05	0.66

Sumber: rata-rata dua ulangan pengukuran instrumen (texture analyzer)

Analisis Struktur Mikroskopis

Pengamatan dengan mikroskop polarisasi menunjukkan bahwa granula pati pada tepung jagung awal masih menunjukkan sifat birefringence (kristal biru-kuning), menandakan pati belum tergelatinisasi. Pada mi jagung kontrol (tanpa PGA dan ISP), granula pati sudah tidak terlihat, menunjukkan gelatinisasi sempurna selama proses ekstrusi akibat kombinasi suhu tinggi dan shear stress (Marti et al. 2011). Sebaliknya, pada formula dengan penambahan PGA dan/atau ISP, masih teramati granula pati yang menunjukkan sifat birefringence, mengindikasikan derajat gelatinisasi yang lebih rendah secara kualitatif. Hal ini terjadi karena PGA membentuk kompleks dengan pati yang menghambat pelepasan amilosa (Chawan et al. 1998), sedangkan pada sistem dengan ISP, koagulasi protein dan gelatinisasi pati merupakan fenomena kompetitif yang terjadi pada kisaran suhu yang relatif sama sehingga sebagian pati belum tergelatinisasi sempurna (Gómez dan Sciarini 2015).

Penerimaan Sensori

Uji rating hedonik menunjukkan bahwa formula dengan penerimaan tertinggi pada seluruh atribut adalah F3 (0.5% PGA tanpa ISP), dengan skor kekerasan 5.29, kekenyalan 5.00, kelengketan 4.43, dan penerimaan keseluruhan 5.57 (skala 1–6), setara dengan tingkat suka hingga sangat suka (Tabel 3). Secara umum, penambahan ISP hingga 5% dikombinasikan dengan PGA hingga 0.5–0.75% masih dapat diterima konsumen, namun peningkatan ISP hingga 10% dengan PGA 1% (F15) menurunkan penerimaan secara nyata (skor keseluruhan 3.29), sejalan dengan nilai kekerasan instrumen tertinggi pada formula tersebut (6380 gF). Hasil ini menegaskan bahwa meskipun kombinasi ISP dan PGA pada taraf tinggi efektif menurunkan KPAP, tekstur yang dihasilkan menjadi terlalu keras sehingga kurang disukai konsumen.

Tabel 3 Skor rating hedonik mi jagung pada formula terpilih (skala 1–6)

Formula	Kekerasan	Kekenyalan	Kelengketan	Keseluruhan
F1 (0% ISP, 0% PGA)	4.29	4.57	4.57	4.86
F3 (0% ISP, 0.5% PGA)	5.29	5.00	4.43	5.57
F4 (0% ISP, 0.75% PGA)	4.71	4.29	4.57	5.57
F8 (5% ISP, 0.5% PGA)	4.71	4.86	5.00	5.14
F11 (10% ISP, 0% PGA)	3.86	4.14	4.29	4.00
F15 (10% ISP, 1% PGA)	2.57	3.57	4.43	3.29

Skala hedonik: 1 = sangat tidak suka; 6 = sangat suka. Panelis tidak terlatih (n=35), metode balanced incomplete block

Perbandingan formula terbaik (F3) dengan produk pasta komersial (La Fonte no. 10) menunjukkan bahwa nilai kekerasan (2632 vs 2273 gF) dan kekenyalan (0.59 vs 0.53) F3 mendekati produk komersial, dengan kelengketan yang lebih rendah (-2.09 vs -11.78 gF). Namun demikian, nilai KPAP F3 masih jauh lebih tinggi (15.9 vs 5.8%) dan elongasi lebih rendah (151.8 vs 258.8%) dibanding produk komersial, menunjukkan peluang perbaikan lebih lanjut, misalnya melalui optimasi kombinasi PGA dan ISP pada taraf yang belum diuji atau modifikasi proses ekstrusi.

SIMPULAN

Penggunaan PGA dan ISP sebagai rheological modifier berpengaruh signifikan terhadap sifat reologi mi jagung, dengan interaksi keduanya memengaruhi KPAP, elongasi, kekerasan, kekenyalan, dan kelengketan ($p < 0.05$). Penambahan PGA secara tunggal efektif menurunkan KPAP, kekerasan, dan kelengketan mi jagung, sedangkan kombinasinya dengan ISP pada taraf 5–10% menghasilkan efek berlawanan pada tekstur, yaitu meningkatkan kekerasan dan kekenyalan, meskipun tetap menurunkan KPAP secara sinergis (nilai terendah 9.56% pada 10% ISP dan 1% PGA). Elongasi tertinggi (269.34%) diperoleh pada kombinasi 5% ISP dan 1% PGA. Pengamatan mikroskopis menunjukkan penambahan kedua bahan menurunkan derajat gelatinisasi pati secara kualitatif. Berdasarkan uji sensori, formula paling disukai adalah mi jagung dengan penambahan tunggal 0.5% PGA tanpa ISP, dengan karakteristik tekstur yang mendekati produk pasta komersial. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) dan pengukuran derajat gelatinisasi secara kuantitatif

untuk memperjelas mekanisme peran rheological modifier dalam menurunkan retrogradasi pati.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 1995. Official Methods of Analysis. Gaithersburg (US): AOAC International.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. Official Methods of Analysis. Arlington (US): AOAC International.
- [APTINDO] Asosiasi Produsen Tepung Terigu Indonesia. 2014. Overview Industri Tepung Terigu Nasional Indonesia. Jakarta (ID): APTINDO.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2015. Sensus Tanaman Pangan: Produksi Jagung Menurut Provinsi 1993–2015. Jakarta (ID): BPS.
- [BSN] Badan Standar Nasional. 1995. SNI 01-3727-1995: Syarat Mutu Tepung Jagung. Jakarta (ID): BSN.
- Brown L. 2011. Soy Protein and Soy Isoflavones. Functional Ingredients [Internet]. [diunduh 2016 Mar 10]. Tersedia pada: <http://www.world-food.net/scientificjournal.php>
- Chawan DB, Merritt CG, Matuszak EA. 1998. Use of Propylene Glycol Alginate to Improve the Texture of Cooked Mi and Mi-like Foods. Patent No. 5,759,607. Ohio (US): United States Patent.
- Detchewa P, Thongnam M, Jane J, Naivikul O. 2016. Preparation of gluten-free rice spaghetti with soy protein isolate using twin-screw extrusion. *J. Food Sci. Technol.*
- Dickinson E, Walstra P. 2011. Food Colloids and Polymers: Stability and Mechanical Properties. Cambridge (UK): Woodhead Publishing.
- Eliasson AC, Gudmundsson M. 1996. Starch: Physicochemical and functional aspects. Di dalam: Eliasson AC, editor. *Carbohydrates in Food*. New York (US): Marcel Dekker.
- Gochran WG, Cox GM. 1992. *Experimental Design*. London (UK): John Wiley and Sons.
- Gómez M, Sciarini LS. 2015. Gluten-Free Bakery Products and Pasta. Di dalam: Arranz E, Fernández-Bañares F, Rosell CM, Rodrigo L, Peña AS, editor. *Advances in the Understanding of Gluten Related Pathology and the Evolution of Gluten-Free Foods*. Barcelona (ES): OmniaScience. hlm 565–604.
- Gopalakrishnan J, Menon R, Padmaja G, Sajeev MS, Moorthy SN. 2011. Nutritional and functional characteristic of protein-fortified pasta from sweet potato. *Food Nutr. Sci.* 2:944–955.
- Hartono N. 2011. *Evaluasi Nilai Biologis dan Indeks Glikemik Mi Jagung Substitusi Kering dan Instan [tesis]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hatcher DW, Anderson MJ, Desjardins RG, Edwards NM, Dexter JE. 2002. Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white salted noodles. *J. Cereal Chem.* 79:64–71.
- Hattunisa. 2011. *Optimasi Proses Dehidrasi dan Formulasi Bahan Tambahan Pangan pada Mi Jagung Instan dengan Metode Ekstrusi [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hua Y, Cui SW, Wang Q. 2003. Rheological property of soy–hydrocolloid mixtures. *Food Hydrocoll.* 17:889–894.
- Indrawuri I. 2009. *Peranan Tepung Jagung Termodifikasi terhadap Mutu dan Penerimaan Konsumen Mi Jagung [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Juniawati. 2003. *Optimasi Proses Pengolahan Mi Jagung Instan Berdasarkan Kajian Preferensi Konsumen [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kurniawati RD. 2006. *Penentuan Desain Proses dan Formulasi Optimal Pembuatan Mi Jagung Basah Berbahan Dasar Pati Jagung dan Corn Gluten Meal (CGM) [skripsi]*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Lee Y, Manlius, Merritt GC, Phoenix. 2000. Method to Prevent Starch Retrogradation in Pasta Products. Patent No. 6,022,575. New York (US): United States Patent.
- Marti A, Pagani MA, Seetharaman K. 2011. Understanding starch organization in gluten-free pasta from rice flour. *Carbohydr. Polym.* 84:1069–1074.
- Merdiyanti A. 2008. Paket Teknologi Pembuatan Mi Kering dengan Memanfaatkan Bahan Baku Tepung Jagung [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Michaela H, Pospisil J, Michal S. 2013. Size analysis of solid particles using laser diffraction and sieve analysis. *Eng. Mech.* 20(3):309–318.
- Muhandri T. 2009. Pengaruh kadar air, NaCl, dan jumlah passing terhadap karakteristik reologi mi jagung. *J. Teknol. Ind. Pangan.* 20(1):71–77.
- Muhandri T, Ahza AB, Syarief R, Sutrisno. 2011. Optimasi proses ekstrusi mi jagung dengan metode respon permukaan. *J. Teknol. Ind. Pangan.* 22(2):97–104.
- Muhandri T, Subarna, Palupi NS. 2013. Karakteristik mi basah jagung akibat pengaruh laju pengumpanan dan penambahan guar gum. *J. Teknol. Ind. Pangan.* 24(1):110–114.
- Oh NH, Seib PA, Chung DS. 1985. Noodles III. Effect of processing variables on the quality characteristic of dry noodles. *Cereal Chem.* 62(6):437–440.
- Subarna, Muhandri T, Nurtama B, Fierliyanti AS. 2012. Peningkatan mutu mi kering jagung dengan penerapan kondisi optimum proses dan penambahan monogliserida. *J. Teknol. Ind. Pangan.* 23(2).
- Suhendro EL, Kunetz CF, McDonough CM, Rooney LW, Waniska D. 2000. Cooking characteristic and quality of noodles from food sorghum. *J. Cereal Chem.* 77(2):96–100.
- Tam LM, Corke H, Tan WT, Li J, Collado LS. 2004. Production of bihon-type noodle from maize starch differing in amylose content. *J. Cereal Chem.* 81(4):475–480.