

KARAKTERISTIK MI BASAH JAGUNG AKIBAT PENGARUH LAJU PENGUMPANAN DAN PENAMBAHAN GUAR GUM

[Characteristics of Wet Corn Noodle: Effect of Feeding Rate and Guar Gum Addition]

Tjahja Muhandri*, Subarna dan Nurheni Sri Palupi

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

Diterima 28 Maret 2012 / Disetujui 22 Juli 2013

ABSTRACT

The objectives of this research were to (1) investigate the effect of feeding rate on elongation, cooking loss, and microstructure of wet corn noodle properties and (2) investigate the effect of guar gum on elongation, cooking loss, hardness, and sensory quality of wet corn noodle. Corn noodles were made with pasta extruder. Two levels of feeding rate, i.e. 2.10 g/second and 1.87 g/second and three levels of guar gum (0, 1, 2% based on flour weight) were applied during wet corn noodle processing. Increase in feeding rate resulted in increased elongation, decreased cooking loss, and corn noodles microstructure similar to wheat noodle. Addition of guar gum increased elongation, but decreased hardness and cooking loss of the corn noodle. Additionally, guar gum decreased the preference scores.

Keywords: feeding rate, guar gum, wet corn noodle

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari (1) pengaruh laju pengumpanan adonan terhadap elongasi, *cooking loss* dan mikrostruktur mi serta (2) pengaruh penambahan guar gum terhadap elongasi, *cooking loss* dan penerimaan panelis. Mi jagung dibuat dengan menggunakan ekstruder pasta. Laju pengumpanan adonan terdiri dari dua tingkat yaitu 2.10 g/detik dan 1.87 g/detik. Pengaruh penambahan guar gum (0, 1, 2% terhadap berat tepung jagung) dilakukan pada proses dengan laju pengumpanan adonan 2.10 g/detik. Peningkatan laju pengumpanan dapat meningkatkan elongasi dan menurunkan *cooking loss* mi basah jagung serta menghasilkan mi jagung dengan mikrostruktur yang memiliki kemiripan dengan mikrostruktur mi basah terigu. Penambahan guar gum dapat meningkatkan elongasi, tetapi menurunkan kekerasan dan *cooking loss*. Penambahan *guar gum* menurunkan tingkat penerimaan panelis.

Kata kunci: guar gum, laju pengumpanan adonan, mi basah jagung

PENDAHULUAN

Penelitian tentang proses pembuatan mi dengan bahan baku tepung jagung telah dilakukan oleh Waniska *et al.* (2000), namun mi yang dihasilkan memiliki *cooking loss* yang tinggi yaitu di atas 47%. Waniska *et al.* (2000) menggunakan ekstruder pasta untuk rumah tangga, memiliki 24 lubang *die* dengan diameter 1.5 mm, *chamber* berukuran diameter 45 mm dan panjang 85 mm.

Charutigon *et al.* (2008) menggunakan ekstruder pemasak-pencetak ulir tunggal dengan dua buah *die* yang berukuran 0.6 mm dan menghasilkan *vermicelli* yang memiliki *cooking loss* 14.2% dan dapat diterima oleh panelis terlatih pada kecepatan *screw* ekstruder 50 rpm (kecepatan aliran sekitar 750 g/jam). Pada kecepatan aliran 400-700 g/jam, *vermicelli* tidak diterima oleh panelis.

Tingginya *cooking loss* pada penelitian Waniska *et al.* (2000) diduga karena adonan tidak cukup mengalami kompresi dan *shear* sehingga struktur mi kurang kokoh. Muhandri *et al.* (2011) membuat mi jagung menggunakan ekstruder pemasak-pencetak ulir tunggal dengan karakteristik ekstruder : (1) rasio panjang per diameter *screw* 30, (2) memiliki 2 buah *die*

berdiameter 2.5 mm dan (3) dilengkapi pemanas eksternal serta pengatur kecepatan ulir ekstruder. Penelitian tersebut menghasilkan mi basah jagung dengan *cooking loss* yang rendah yaitu 4.88%. Kondisi proses optimum pembuatan mi basah jagung adalah kadar air tepung jagung 70% (basis kering), suhu ekstruder 90°C dan kecepatan ulir ekstruder 130 rpm. Peningkatan suhu dan kecepatan ulir dapat menurunkan *cooking loss*.

Sejalan dengan hasil tersebut, Wang *et al.* (2012) menyatakan bahwa peningkatan suhu dan kecepatan ulir (*twin screw extruder*) dapat meningkatkan derajat gelatinisasi pati melalui peningkatan *shear stress* dan kompresi adonan, yang menyebabkan struktur mi pati menjadi lebih kokoh.

Hidrokoloid (guar gum) merupakan bahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan viskositas, meningkatkan kekompakan dan kekokohan struktur produk pasta. Melalui kemampuannya mengikat air, guar gum dapat meningkatkan kecepatan rehidrasi produk pasta (Sozer, 2009).

Tanpa *binding agent* (guar gum), struktur adonan pasta sulit dibentuk karena ikatan antar granula pati kurang kuat. Dengan penambahan guar gum dan protein, granula pati dapat melekat satu dengan lainnya dan air terdistribusi merata melalui struktur polimer dari guar gum dan protein (Sivaramakrishnan *et al.* 2004).

*Korespondensi Penulis :
E-mail : cahyomuhandri@yahoo.com; Telp.: 0812-8426230

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh laju pengumpanan terhadap karakteristik mi basah jagung dan pengaruh penambahan guar gum terhadap karakteristik mi basah jagung.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung jagung varietas *Pioneer 21* (P21) ukuran 100 mesh, NaCl, air, guar gum dan bahan-bahan kimia untuk keperluan analisis. Alat yang digunakan adalah pencetak mi (*forming-cooking extruder* model *Scientific Laboratory Single Screw Extruder type LE25-30/C* dari *Labtech Engineering Co. Ltd.*, Thailand), ekstruder pasta (model MS9, *Multifunctional noodle modality machine*, *Guangdong Henglian Food Machine Co., Ltd.*, China pemasak dan *texture analyzer TA-XT2i*).

Ekstruder pasta yang digunakan memiliki ciri-ciri sebagai berikut: diameter *barrel* 3.2 cm, diameter *screw* 3.1 cm, kedalaman *flight* 0.9 cm, die berjumlah 24 buah dengan diameter masing-masing *die* adalah 1.5 mm. Panjang zona pengumpan 14.0 cm dan panjang zona kompresi 8.5 cm. Kecepatan *screw* ekstruder konstan, yaitu 70 rpm.

Penyiapan tepung jagung

Tepung jagung dibuat dengan metode penggilingan kering. Jagung digiling dengan *disc mill* menggunakan saringan 9 mesh di kompartemen alat. Proses pengembangan dilakukan untuk membuang kulit ari dan lembaga. Grits selanjutnya direndam selama 1 jam, dikeringanginkan sampai kadar air $35 \pm 2\%$, kemudian digiling dengan *pin disc mill* (saringan 48 mesh). Hasil penggilingan dikeringkan dengan oven (suhu 50°C) selama 14 jam, kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Tepung dihomogenkan dengan *mixer*, dan dikeringkan kembali dengan oven (suhu 50°C) selama 14 jam. Tepung dikemas dengan plastik polipropilen dan disimpan dalam *freezer*.

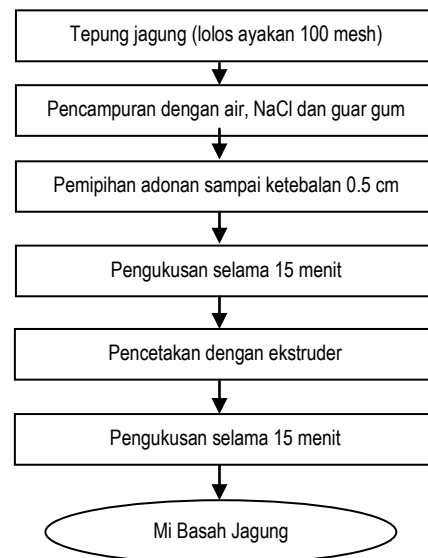
Efek laju pengumpanan pada karakteristik mi basah jagung

Proses pembuatan mi basah jagung mengikuti prosedur yang dikembangkan oleh Muhandri *et al.* (2008), dengan menggunakan 320 g tepung jagung pada setiap proses (Gambar 1). Laju pengumpanan terdiri dari dua tingkat yaitu rata-rata sebesar 2.10 g/detik (melalui pemberian tekanan pada adonan ketika masuk ke dalam ekstruder, sehingga ruang antara ulir dan *barrel* selalu penuh) dan rata-rata laju sebesar 1.87 g/detik (adonan mengalir karena kerja ulir ekstruder, tanpa pemberian dorongan). Mi basah jagung dianalisa elongasi, *cooking loss* dan mikrostruktur. Analisa mikrostruktur dilakukan menggunakan foto SEM.

Efek penambahan guar gum pada karakteristik mi basah jagung

Penambahan guar gum dilakukan sebanyak 0.1 dan 2% (terhadap berat tepung). Proses pembuatan mi basah jagung dilakukan seperti pada Gambar 1 dengan memberikan dorongan pada adonan untuk masuk zona pengumpanan pada

ekstruder (laju adonan 2.10 g/detik). Analisis terhadap mi basah meliputi elongasi, kekerasan dan *cooking loss*. Dilakukan juga uji hedonik elongasi, kekerasan, warna dan rasa.



Gambar 1. Pembuatan mi basah jagung

Analisis elongasi

Analisis elongasi menggunakan *Texture Analyzer* tipe TA-XT2i. Sampel (satu untai mi) dililitkan pada *probe* dengan jarak *probe* sebesar 2 cm dan kecepatan *probe* 0.3 cm/s. Persen elongasi dihitung dengan rumus :

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{\text{Waktu Putus Sampel (s)} \times 0.3 \text{ cm/s}}{2 \text{ cm}} \times 100\%$$

Analisis kekerasan

Analisis kekerasan menggunakan *Texture Analyzer* tipe TA-XT2i. *Probe* yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 35 mm. Pengaturan *Texture Analyzer* yang digunakan adalah sebagai berikut: *pre test speed* 2.0 mm/s, *test speed* 0.1 mm/s, *rupture test distance* 75%, *mode measure force in compression* dan *force* 100 g.

Seuntai sampel dengan panjang yang melebihi diameter *probe* diletakkan di atas landasan lalu ditekan oleh *probe* sampai *strain* 75%. Hasilnya berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara gaya yang diperlukan untuk kompresi dan waktu. Nilai kekerasan ditunjukkan dengan *absolute (+) peak*.

Analisis cooking loss

Penentuan *cooking loss* dilakukan dengan cara merebus 5 g mi dalam 150 ml air selama 3 menit lalu mi ditiriskan. Kemudian, mi dikeringkan pada suhu 100°C hingga beratnya konstan, lalu ditimbang kembali. Mi yang lain sebanyak 5 g diukur kadar airnya (data kadar air digunakan untuk menghitung berat kering sampel). *Cooking loss* (CL) dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{CL (\%)} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan: a : Berat kering sampel sebelum direbus; b : Berat kering sampel sesudah direbus

Analisis mikrostruktur

Analisis mikrostruktur mi basah jagung dilakukan menggunakan Foto SEM (*Scanning Electron Microscopic*) yang dilakukan di Fakultas Peternakan-IPB dengan perbesaran 3500 X, bagian yang difoto adalah potongan melintang mi. Sebagai pembanding, foto SEM juga dilakukan terhadap mi basah terigu yang tersedia di pasar dan terhadap mi jagung yang dibuat dengan teknologi yang dikembangkan oleh Muhandri *et al.* (2011) menggunakan ekstruder pemasak-pencetak.

Analisis sensori

Analisis sensori yang digunakan adalah uji hedonik dengan skala 1 (sangat tidak disukai) – 7 (sangat disukai). Uji hedonik dilakukan terhadap pengaruh penambahan guar gum, yang meliputi parameter mutu elongasi, kekerasan, warna dan rasa dengan menggunakan 30 orang panelis semi terlatih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek metode pengumpanan pada mi basah jagung

Adonan mi dari tepung jagung yang telah dikukus tidak mudah mengalir karena berbetuk gumpalan yang kohesif dan agak lengket, sehingga ruang antara ulir dan laras (*barrel*) tidak selalu dalam keadaan penuh. Aliran bahan akibat kerja ulir ekstruder saja, tidak berjalan lancar. Kondisi tersebut menyebabkan tingkat *kompresi* yang rendah. Tingkat kompresi pada adonan akan menentukan struktur, kepadatan, daya ikat antar partikel bahan dan tekstur produk termasuk elongasi.

Laju pengumpanan yang tinggi (2.10 g/detik) dengan pemberian dorongan pada adonan saat masuk zona pengumpanan menyebabkan waktu proses yang singkat, karena laju pengumpanan maksimal, memberikan tekanan yang lebih besar pada adonan di zona kompresi sehingga mampu menghasilkan mi basah jagung dengan tekstur dan kenampakan yang lebih baik. Hasil pengukuran terhadap *cooking loss* dan elongasi mi basah jagung disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik mi basah jagung dengan metode pengumpanan yang berbeda

Karakteristik Mi Basah Jagung	Laju Pengumpanan pada saat Pencetakan	
	1.87 g/detik	2.10 g/detik
<i>Cooking Loss</i> (%)	7.15 ± 0.11	5.56 ± 0.04
Elongasi (%)	108.46 ± 2.78	126.29 ± 6.29

Laju pengumpanan yang tinggi dapat menghasilkan mi basah jagung yang lebih baik, yaitu nilai *cooking loss* yang lebih rendah dan nilai elongasi yang lebih tinggi. Kompresi pada adonan menyebabkan produk lebih kompak dan ikatan antar partikel lebih kuat, sehingga tidak mudah luruh saat dimasak dan tidak mudah putus saat diregang (ditarik). Hal ini sejalan dengan penelitian Tam *et al.* (2004) yang menjelaskan bahwa mi yang dibuat dari pati non terigu mengandalkan proses gelatinisasi dan mekanisme retrogradasi untuk membentuk jaringan struktur mi yang kokoh. Cheyne *et al.* (2005) menambahkan bahwa struktur mi yang diproses dengan *shear stress* yang tidak cukup, bersifat lemah dan mi akan mudah patah atau luruh ketika dimasak.

Proses pembuatan mi basah jagung dengan laju pengumpanan yang tinggi dijadikan sebagai acuan proses dalam pembuatan mi untuk mempelajari pengaruh penambahan guar gum terhadap tekstur dan *cooking loss* mi basah jagung. *Cooking loss* pada mi basah jagung yang dihasilkan dari kedua laju pengumpanan jauh lebih rendah dibandingkan dengan *cooking loss* mi jagung hasil penelitian Waniska *et al.* (2000) yang berada pada nilai >47%. Marti *et al.* (2010) menyatakan bahwa produk mi (dari tepung beras) yang diproses dengan ekstruder pemasak-pencetak memiliki *cooking loss* sebesar 4.2%, jauh lebih rendah dibandingkan dengan *cooking loss* pasta yang dibuat dengan ekstruder pencetak (ekstruder pasta) yaitu 15.9%. Hal ini disebabkan oleh kecukupan proses gelatinisasi dan *shear stress*.

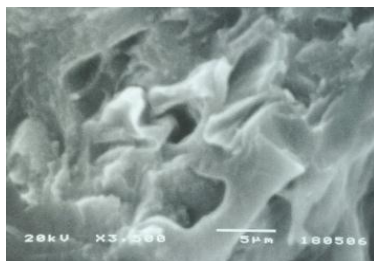
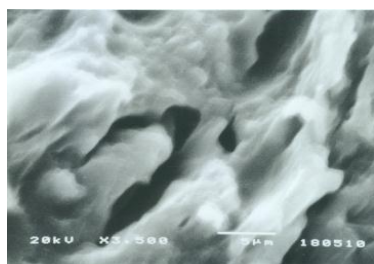
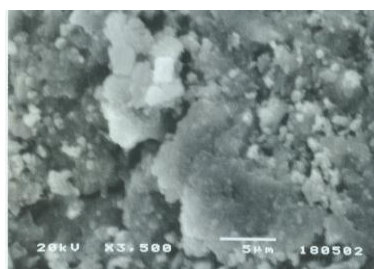
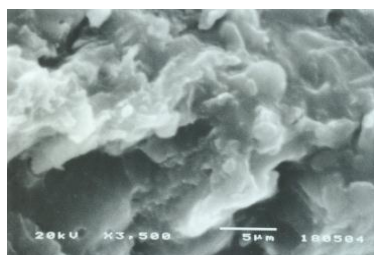
Menurut Wang *et al.* (1999) tingkat *cooking loss* tergantung pada tingkat gelatinisasi dan kekuatan struktur gel dari mi. Namun, Charutigon *et al.* (2008) menyatakan bahwa kehilangan selama pemasakan terutama disebabkan oleh kelarutan pati tergelatinisasi yang ikatannya lemah di permukaan mi. Pada tingkat tertentu, perbedaan tekanan lebih berpengaruh terhadap elastisitas mie daripada *cooking loss*.

Berdasarkan hasil foto SEM (Gambar 2), struktur mi basah jagung yang dibuat dengan ekstruder pasta (pencetak), dibandingkan dengan mi basah jagung yang dibuat dengan ekstruder pemasak-pencetak dan mi basah terigu. Hasil foto SEM menunjukkan bahwa mi basah jagung yang dibuat dengan formula penambahan garam 2% (basis berat tepung) dan penambahan air sampai mencapai 70% (berat kering tepung) baik menggunakan ekstruder pencetak yang diberikan dorongan pada adonan (laju pengumpanan 2.10 g/detik) maupun mi basah jagung yang dibuat dengan ekstruder pemasak-pencetak sangat mirip dengan mi basah terigu (Gambar 2).

Dalam ekstruder pemasak-pencetak, adonan mengalami pemasakan, pengadukan dan penekanan dalam kondisi panas sehingga partikel-partikel tepung jagung tidak ada yang utuh, bahkan melebur seperti dapat dilihat pada Gambar 2c. Pengadukan dan penekanan dalam kondisi panas menyebabkan ikatan antar partikel yang lebih intensif, sehingga mi basah jagung yang dihasilkan dengan ekstruder pemasak-pencetak memiliki struktur mi jagung mirip dengan mi terigu. Adonan mi jagung yang akan dicetak dengan ekstruder pasta, dikukus terlebih dahulu sehingga mengalami gelatinisasi. Dalam ekstruder, adonan mengalami penekanan dan *shearing* sebelum keluar dari *die*.

Pengaruh pemberian tekanan sangat besar perannya dalam pembentukan struktur produk mi jagung. Seperti dapat dilihat pada Gambar 2a dan 2b, adonan yang sama menghasilkan struktur produk yang sangat berbeda karena metode pengumpanan yang menghasilkan laju pengumpanan yang berbeda. Penekanan pada saat pengumpanan ke dalam ekstruder menyebabkan tekanan dalam ekstruder tetap tinggi sehingga partikel adonan melebur dan struktur produk mirip dengan mi dari terigu. Produk mi jagung yang dibuat dengan ekstruder pasta tanpa dorongan pada saat pengumpanan (laju pengumpanan 1.87 g/detik) menghasilkan struktur yang tidak homogen, masih ada partikel yang tidak melebur (Gambar 2b). Hal ini sejalan dengan hasil yang diperoleh Charutigon *et al.* (2008) dapat diterima oleh panelis terlatih pada kecepatan

screw ekstruder 50 rpm (kecepatan aliran sekitar 750 g/jam). Pada kecepatan aliran 400-700 g/jam, *vermicelli* tidak diterima oleh panelis.



Keterangan: (A) Ekstruder pasta dengan laju pengumpanan 2.10 g/detik; (B) Ekstruder pasta dengan laju pengumpanan 1.87 g/detik; (C) Ekstruder pemasak-pencetak; (D) Mi basah terigu

Gambar 2. Mikrostruktur mi jagung dengan SEM

Pengaruh penambahan guar gum terhadap mi basah jagung

Penambahan guar gum dapat meningkatkan elongasi mi basah jagung, menurunkan kekerasan dan menurunkan *cooking loss* (Tabel 2). Penambahan guar gum 2% menghasilkan mi yang memiliki nilai elongasi tertinggi yaitu sebesar $199.44 \pm 34.71\%$ dan kekerasan terendah yaitu 2550.32 ± 363.11 gf. Penambahan guar gum 1% menghasilkan *cooking loss* terendah yaitu $3.09 \pm 0.32\%$. Guar gum berfungsi mengikat air (Sozer, 2009), air terdistribusi merata dan ikatan antar granula pati menjadi lebih kuat (Sivaramakrishnan *et al.* 2004).

Tabel 2. Karakteristik elongasi mi basah jagung

Sampel	Elongasi (%)	Kekerasan (gram gaya)	Cooking Loss (%)
Mi basah jagung, guar gum 0%	$130.09^a \pm 18.65$	$3108.03^a \pm 181.05$	$3.86^a \pm 0.27$
Mi basah jagung, guar gum 1%	$151.49^a \pm 21.40$	$2713.20^{ab} \pm 201.32$	$3.09^b \pm 0.32$
Mi basah jagung, guar gum 2%	$199.44^b \pm 34.71$	$2550.32^b \pm 363.11$	$3.55^{ab} \pm 0.21$

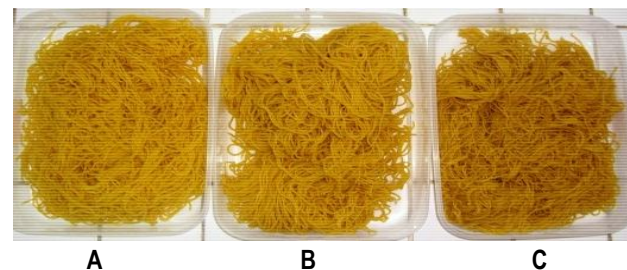
Keterangan: Angka dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$

Berdasarkan hasil uji organoleptik (Tabel 3), panelis lebih menyukai mi basah jagung yang dibuat tanpa penambahan guar gum pada hampir semua parameter yang ditanyakan yaitu elongasi, warna, dan rasa. Panelis menilai mi basah jagung yang ditambah guar gum memiliki warna kehitaman yang tidak menarik dan rasa pahit yang tidak disukai. Penambahan guar 1% maupun 2% menghasilkan mi basah jagung dengan skor kekerasan yang tidak berbeda. Visualisasi perubahan warna pada mi jagung akibat penambahan guar gum disajikan pada Gambar 3.

Tabel 3. Hasil uji hedonik panelis terhadap mi basah jagung

Parameter	Penambahan Guar Gum (% terhadap berat tepung)		
	0%	1%	2%
Elongasi	5.13 ^a	4.40 ^b	4.17 ^b
Kekerasan	4.10 ^a	3.90 ^a	4.27 ^a
Warna	5.43 ^a	4.93 ^{ab}	4.77 ^b
Rasa	4,53 ^a	4,03 ^b	3,77 ^b

Keterangan: Angka dalam baris yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf $\alpha = 5\%$



Gambar 3. Mi basah jagung dengan penambahan guar gum (A) 0%, (B) 1%, (C) 2%

KESIMPULAN

Laju pengumpanan yang tinggi pada saat adonan melewati ekstruder sangat mempengaruhi kualitas mi basah jagung yang dihasilkan, baik kualitas *cooking loss* maupun elongasi. Foto SEM (*Scanning Electron Microscopic*) menunjukkan bahwa mi jagung yang dicetak menggunakan ekstruder pasta dengan laju pengumpanan tinggi (2.10 g/detik) dapat menghasilkan mikrostruktur yang mirip dengan mi basah yang terbuat dari terigu. Penggunaan guar gum dapat meningkatkan elongasi, menurunkan kekerasan dan *cooking loss* mi jagung, namun kurang disukai panelis karena warnanya gelap dan terasa pahit. Panelis lebih menyukai mi jagung tanpa penambahan guar gum.

Saran

Perbaikan formula dan proses masih perlu dilakukan untuk pembuatan mi kering dan mi instant. Perlu dilakukan juga penelitian untuk mendapatkan nilai obyektif tekanan yang diterima adonan tepung jagung supaya dapat diperoleh mi jagung dengan karakteristik yang baik dan dapat diterima konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- Charutigon C, Jitpupakdree J, Namsree P, Rungsardthong V. 2008. Effects of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli. *LWT-Food Sci Technol* 41: 642-651. DOI: [10.1016/j.lwt.2007.04.009](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.04.009).
- Cheyne A, Barnes J, Gedney S, Wilson DI. 2005. Extrusion behaviour of cohesive potato starch pastes: II. Microstructure-process interactions. *J Food Eng* 66: 13-24. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2004.02.036](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.036).
- Marti A, Seetharaman K, Pagani MA. 2010. Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *J Cereal Chem* 52: 404-409. DOI: [10.1016/j.jcs.2010.07.002](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2010.07.002).
- Muhandri T, Ahza AB, Syarif R, Sutrisno. 2011. Optimasi proses ekstrusi mi jagung dengan metode respon permukaan. *J Teknol dan Industri Pangan* 22: 97-104.
- Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *J Food Eng* 62: 37-45. DOI: [10.1016/S0260-8774\(03\)00169-9](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00169-9).
- Sozer N. 2009. Rheological properties of rice pasta dough supplemented with proteins and gums. *Food Hydrocolloid* 23: 849-855. DOI: [10.1016/j.foodhyd.2008.03.016](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.03.016).
- Tam LM, Corke H, Tan WT, Li J, Collado LS. 2004. Production of *bihon*-type noodles from maize starch differing in amylose content. *Cereal Chem* 81: 475-480. DOI: [10.1094/CCHEM.2004.81.4.475](https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.4.475).
- Wang N, Bhirud PR, Sosulski FW, Tyler RT. 1999. Pasta-like product from pea flour by twin-screw extrusion. *J Food Sci* 64: 671-678. DOI: [10.1111/j.1365-2621.1999.tb15108.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15108.x).
- Wang N, Maximiuk L, Toews R. 2012. Pea starch noodles: Effect of processing variables on characteristics and optimisation of twin-screw extrusion process. *Food Chem* 133: 742-753. DOI: [10.1016/j.foodchem.2012.01.087](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.087).
- Waniska RD, Yi T, Wei L. 2000. Effects of preheating temperature, moisture, and sodium metabisulfite content on property of maize flour dough. *Chemical Research in Chinese Universities* 16: 250-258.