

PERUBAHAN FISIKO-KIMIA CABAI PUYANG (*PIPER RETROFRACTUM* VAHL.) PADA PENGERINGAN *HOT AIR DRYER*

Physicochemical Changes of Puyang Chili (Piper retrofractum Vahl.) Dried on Hot Air Dryer

La Choviya Hawa*, Nur Ida Winni Yosika, Amirada Nur Laily, Firdiani Nur Affifah, Dewi Maya Maharani

Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran – Malang 65145

Penulis Korespondensi, email : la_choviya@ub.ac.id

Disubmit: 12 Maret 2020 Direvisi: 11 Juni 2020 Diterima: 17 Juli 2020

ABSTRAK

Cabai puyang (*Piper retrofractum* Vahl.) adalah komoditas tanaman herbal yang merupakan tanaman asli Asia Tenggara, terutama Indonesia. Komoditas ini umumnya dimanfaatkan sebagai bahan baku jamu dan bumbu dapur. Di kalangan akademisi, cabai puyang banyak mendapatkan perhatian karena sifat anti kanker, anti mikroba, dan potensial sebagai anti virus demam berdarah. Salah satu proses terpenting dalam pengolahan cabai puyang adalah pada proses pengeringan. *Blanching* dipilih sebagai pra-perlakuan sebelum pengeringan untuk mempercepat proses pengeringan dan mempertahankan kualitas produk cabai puyang kering. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *blanching* pada mikrostruktur, kadar air, sifat fisik, dan kandungan kimiawi cabai puyang kering menggunakan *hot air dryer* pada suhu 50, 60 dan 70°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *blanching* menyebabkan kerusakan pada dinding sel cabai puyang, tekstur melunak sehingga penurunan kadar air pada sampel *blanching* lebih cepat dibanding *nontreatment*. Perubahan sifat fisik berupa dimensi terjadi secara cepat pada sepertiga waktu pengeringan awal. Perubahan massa sampel *nontreatment* dan *blanching* pada akhir pengeringan relatif sama pada kisaran 31,8%. Kandungan antioksidan, fenol dan piperin pada sampel *nontreatment* relatif lebih tinggi daripada sampel *blanching* pada seluruh suhu pengeringan.

Kata Kunci : Antioksidan; Cabai Puyang; Fenol; Kadar Air; Piperin; Sifat Fisik

ABSTRACT

Puyang chili (Piper retrofractum Vahl) is a native herb commodity in Southeast Asia, especially in Indonesia. This commodity used as tradisional drink (jamu) and spices. Chili has anti-cancer and antimicrobial effects, as well as potential for anti-dengue virus. Drying process is commonly used for food preservative including chili. Blanching as a pretreatment can increase drying rate and maintain quality of dried products. The aim of this research were to evaluate the effect of blanching on microstructure, moisture content, physical and chemical properties of dried puyang chili which used hot air dryer at different temperature: 50, 60 and 70°C. The results showed that blanching treatment caused damage to the cell walls of chilies, softened texture so that the decrease of water content in blanching samples were faster than nontreatment. Changes in physical properties in the form of dimensions occurred quickly in one third of the initial drying time. The change of mass in treated and non-treated samples were relatively the same which ranged of 31.8%. The antioxidant, phenol and piperine content in non-treatment samples are relatively higher than blanching samples at all drying temperatures tested.

Keywords : Antioxidant; Puyang Chili; Moisture Content; Phenolic Content; Piperine; Physical Properties

PENDAHULUAN

Cabai puyang merupakan tanaman herbal yang banyak dimanfaatkan sebagai minuman tradisional (jamu) dan bumbu, yang memiliki rasa dan aroma tajam yang unik, dan juga digunakan untuk berbagai keperluan terapi, karena cabai puyang mengandung komponen obat, termasuk piperin alkaloid yang berasa pedas dan senyawa fenolik lainnya (Luyen *et al.*, 2014). Senyawa fenolik ini memiliki efek anti-obesitas (Kim *et al.*, 2011), hepatoprotektif (Matsuda *et al.*, 2009), dan memiliki efek antioksidan (Chonpathompikunlert *et al.*, 2010).

Salah satu sentra produksi cabai puyang berada di Pulau Madura, khususnya di Kabupaten Sumenep. Berdasarkan data pemerintah daerah setempat pada 2009, luas tanaman cabai puyang di kabupaten tersebut adalah 1685 ha dengan total produksi 8335 ton, atau memiliki produktivitas 4,95 ton/ha. Cabai puyang mempunyai kadar air yang tinggi sekitar 70-75% sehingga mudah busuk apabila tidak mendapat penanganan dengan benar (Orsat *et al.*, 2006).

Pengeringan cabai puyang dapat menghentikan proses pembusukan dan reaksi enzimatis lainnya. Umumnya, petani melakukan pengeringan cabai puyang secara langsung di bawah sinar matahari selama 3-5 hari untuk memperoleh kadar air yang sesuai standar pasar. Namun kelemahannya penyusutan cabai puyang cukup besar sehingga terjadi penyusutan rendemen.

Blanching merupakan salah satu metode pra-perlakuan untuk pengeringan yang bertujuan untuk mempertahankan warna dan meng-inaktivasi enzim. Metode *blanching* pada buah dan sayuran yang melibatkan panas dengan waktu yang singkat (Pandey *et al.*, 2019). *Blanching* juga dapat menurunkan kadar air bahan sehingga pengeringan akan mempercepat pengeringan (Pardede *et al.*, 2017). Hal ini disebabkan karena saat proses *blanching*, terjadi pengeluaran udara yang terperangkap dalam jaringan tanaman dengan melunakkan tekstur buah akibat perubahan polimer dinding sel (Xiao *et al.*, 2017).

Meski proses pengeringan dalam pascapanen cabai puyang cukup penting, belum ada riset sebelumnya mengenai efek *blanching* pada mikrostruktur cabai puyang, pengeringan cabai puyang, perubahan sifat fisik dan kandungan kimiawi cabai puyang kering.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *blanching* pada mikrostruktur cabai puyang, perubahan kadar air, sifat fisik, dan kandungan kimia-wi cabai puyang kering dengan metode pengeringan *hot air dryer* pada suhu 50, 60, dan 70 °C.

METODE

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *tray dryer*, *scanning electron microscopy* (FEI Inspect S50), oven tipe Memmert/UFE 550, hygrometer, timbangan digital (PL303 series, Mettler Toledo, USA), *waterbath*, *stopwatch*, dan *digital caliper* dengan ketelitian ± 0,01 mm

Buah cabai puyang didapatkan dari petani di Desa Nguling, Pasuruan, Jawa Timur digunakan untuk semua percobaan dalam penelitian ini. Buah cabai puyang yang sudah matang berwarna oranye kemerahan dipilih berukuran antara 2,5- 3 cm. Pada penelitian ini, kadar air diuji sebanyak lima kali ulangan, pengujian sifat fisik sejumlah 25 sampel cabai puyang dengan tiga kali ulangan dan kandungan antioksidan, fenol, dan piperin masing-masing sebanyak tiga kali ulangan. Penentuan kadar air awal cabai puyang dilakukan dengan metode gravimetri atau pengeringan oven pada suhu 105 ± 1 °C selama 4 jam.

Pengeringan dilakukan dengan 2 variasi pra-perlakuan sebelum pengeringan yaitu *nontreatment* (tanpa pra-perlakuan) dan *blanching*. Metode *blanching* yang digunakan yaitu *water blanching* dengan air mendidih 70 ± 2 °C selama 3 dan 5 menit. Pengeringan dilakukan menggunakan *tray dryer* pada suhu 50, 60, dan 70 °C selama 24 jam sehingga diharapkan kadar air keseimbangan telah tercapai. Selama pengeringan, perubahan massa cabai puyang ditimbang setiap 15 menit pada 2 jam pertama dan setiap 30 menit sampai akhir pengeringan. Penentuan massa padatan dilakukan dengan metode gravimetri pada suhu 105 °C selama 4 jam.

Kadar air dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{kadar air(\%bb)} = \frac{m_{ap} - m_p}{m_{ap}} \times 100\% \dots\dots(1)$$

dimana m_{ap} adalah massa air dan padatan; serta m_p adalah massa padatan.

Pengukuran Atribut Sifat Fisik

Pengukuran atribut fisik dimensi linear meliputi panjang, lebar, dan tebal yang diukur menggunakan pengukur caliper digital dengan keakuratan 0,01 mm. Massa setiap cabai puyang ditimbang menggunakan timbangan digital dengan tingkat keakuratan 0,001 g. Semua atribut fisik dihitung sebagai nilai relatif (% kontrol), yang dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$\% \text{ kontrol} = (N_{\text{sampel}}/N_{\text{kontrol}}) \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

dengan N_{kontrol} adalah nilai sifat fisik sebelum pengeringan (kontrol) dan N_{sampel} adalah sifat fisik setelah pengeringan (sampel).

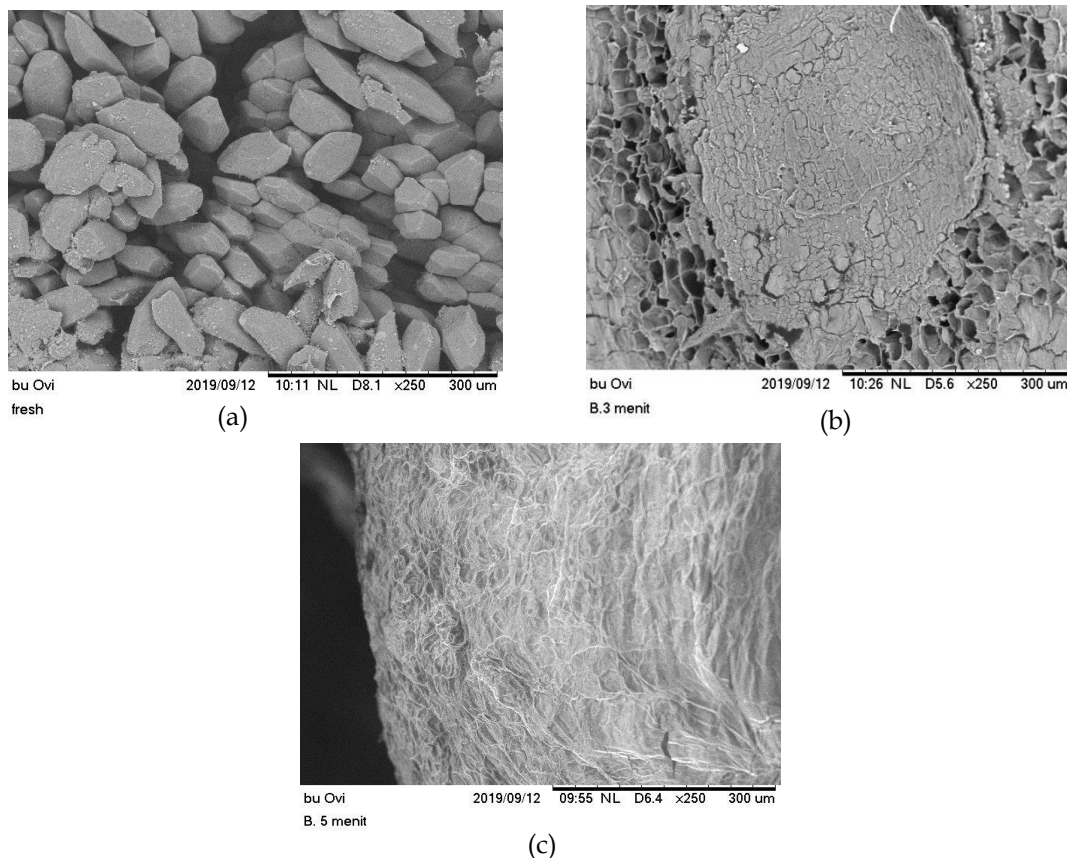
HASIL DAN PEMBAHASAN

Efek Waktu *Blanching* Pada Struktur Sel

Pengamatan struktur sel cabai puyang segar dan cabai puyang yang di-*blanching* selama 3 dan 5 menit. Pengamatan meng-

gunakan *scanning electron microscopy* pada perbesaran 250x.

Pada Gambar 1(a) tampak bahwa pada cabai puyang segar struktur dinding selnya masih tegar, terlihat jelas dan dipenuhi banyak pati. *Blanching* 3 menit (Gambar 1(b)) menyebabkan dinding sel banyak yang terbuka, pecah dan berlubang. *Blanching* selama 5 menit (Gambar 1(c)) menyebabkan kerusakan yang meluas di seluruh permukaan dinding sel, dinding sel mengerut dan butiran pati tidak nampak lagi. Proses *blanching* menyebabkan kerusakan pada dinding sel, melunakkan tekstur dan menginaktivasi enzim penyebab pencoklatan (Pandey *et al.*, 2019). Proses *blanching* pada cabai puyang dilakukan untuk mempercepat proses pengeringan karena dinding selnya lunak (Xiao *et al.*, 2017), sehingga transfer air akan lebih mudah. Penggunaan suhu tinggi pada pengeringan akan menyebabkan pengerutan pada dinding sel karena kadar airnya menjadi semakin rendah (Wibisono *et al.*, 2019)



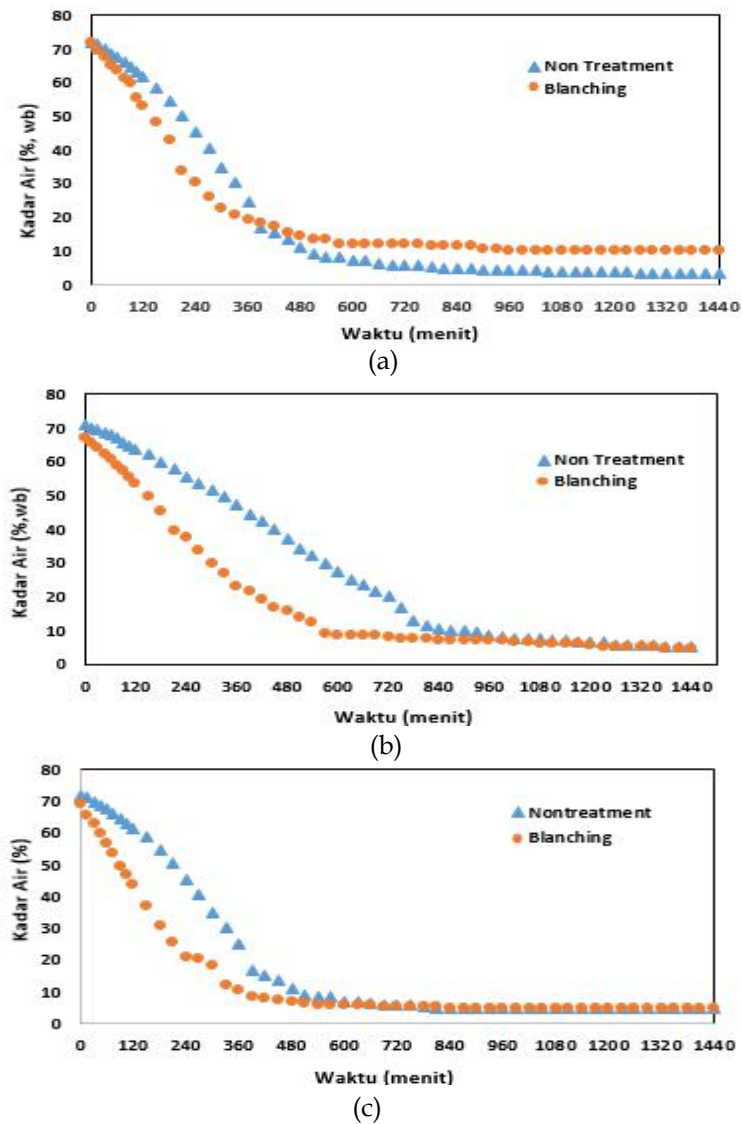
Gambar 1. Struktur sel cabai puyang (a) segar, (b) *blanching* 3 menit dan (c) *blanching* 5 menit

Kadar Air

Perubahan kadar air cabai puyang pada sampel *non-treatment* dan *blanching* pada *hot air drying* pada suhu 50, 60, dan 70 °C ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 tampak bahwa cabai puyang yang diberi perlakuan *blanching* lebih cepat turun kadar airnya pada awal sampai pertengahan pengeringan. Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan cabai puyang *blanching* juga lebih cepat. *Blanching* mampu mengurangi kekerasan struktur sel, pengerutan produk kering dan mengurangi efek *browning* pada produk akhir. *Blanching* memodifikasi struktur jaringan menyebabkan perpindahan massa air dari bahan ke ruang pengering semakin mudah dan cepat (Pimpaporn *et al.*, 2007). *Blanching* juga membantu memfasilitasi perpindahan air dimana sebagian

struktur sel melemah, yang memungkinkan migrasi air pada saat pengeringan lebih mudah (Hawa *et al.*, 2014). Cabai puyang termasuk bahan yang sensitif terhadap panas, sehingga waktu *blanching* ditetapkan selama 3 menit berdasarkan hasil SEM.

Kenaikan suhu dalam ruang pengering juga memberi pengaruh positif terhadap penurunan kadar air. Pada suhu 70°C, penurunan kadar air cabai puyang lebih cepat dibanding pada suhu 50 dan 60 °C. Di sisi lain, waktu yang diperlukan untuk mencapai kadar air keseimbangan lebih cepat tercapai pada suhu pengeringan 70°C. Peningkatan suhu akan mempercepat proses perpindahan massa air dari bahan ke ruang pengering (Takahashi *et al.*, 2017). Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Hawa *et al.*, (2019) pada pengeringan *chips* talas



Gambar 2. Perubahan kadar air selama Pengeringan pada suhu (a) 50 °C, (b) 60 °C, dan (c) 70 °C

Sifat Fisik

Perubahan karakteristik fisik (massa, panjang, lebar dan tebal) selama pengeringan ditunjukkan pada Tabel 1. Pada penelitian ini cabai puyang dipanen pada waktu dan umur panen yang sama karena perilaku pengeringan sangat dipengaruhi oleh faktor internal seperti komposisi materi, kadar air, ketebalan, geometri, dan struktur awal (Karam *et al.*, 2016). Kondisi awal (massa, panjang, lebar dan tebal) pada bahan segar (sebelum dikeringkan) diasumsikan berada pada nilai maksimum yaitu 100%.

Secara umum, perubahan geometri cabai puyang yang meliputi massa, panjang, lebar dan tebal pada sampel *non-treatment* dan *blanching* pada tiga hingga enam jam awal pengeringan terjadi secara cepat dan mulai melambat pada jam ke-12 dan konstan hingga jam ke-24. Perubahan panjang, lebar dan tebal sampel *blanching* lebih lambat daripada sampel *non-treatment*. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan *blanching* mampu menghambat pengerutan pada cabai puyang. Namun demikian, secara umum perubahan massa pada akhir pengeringan pada sampel *non-treatment* maupun *blanching* tidak ada perbedaan, yaitu pada kisaran 31,8%. Hal ini menunjukkan bahwa *pre-treatment blanching* tidak menyebabkan kehilangan massa padatan pada saat proses pengeringan.

Kandungan Antioksidan

Kandungan antioksidan IC₅₀ pada cabai puyang kering ditunjukkan pada Gambar 3. Perlakuan suhu pada pengeringan pada *tray dryer* berdampak pada penurunan antioksidan. Kandungan antioksidan sampel *blanching* lebih rendah karena adanya pemberian panas sehingga menurunkan kandungan antioksidannya. Penurunan ini erat kaitannya karena keberadaan antioksidan pada bagian kulit luar cabai puyang sehingga sangat dipengaruhi dengan temperatur pemanasan dalam mesin pengering (Nakatani *et al.*, 1986; Takahashi *et al.*, 2017).

Kandungan Fenol

Kandungan fenol cabai puyang kering ditunjukkan pada Gambar 4. Kandungan

fenol sampel *blanching* lebih rendah dari sampel *non-treatment* karena adanya pemberian panas selama proses *blanching* sehingga menurunkan kandungan fenolnya. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Piperaceae* mengandung konstituen fenolik, dimana amida fenolik adalah senyawa dominan; dan cabai puyang menunjukkan sifat antioksidan yang signifikan (Nakatani *et al.*, 1986).

Kandungan Piperin

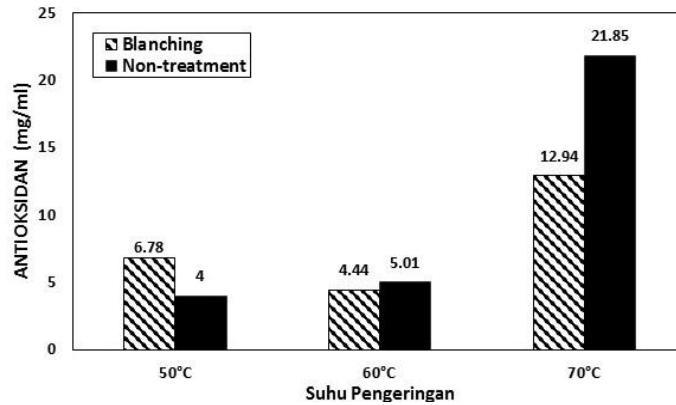
Kandungan piperin pada cabai puyang kering ditunjukkan pada Gambar 5. Kandungan piperin sampel *blanching* sedikit lebih rendah dari sampel *non-treatment*. Hal ini sesuai dengan penelitian Takahashi *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa kandungan piperin pada cabai puyang kering relatif konstan mulai awal pengeringan hingga akhir pengeringan baik pada metode pengeringan di bawah matahari terbuka maupun pengeringan dalam oven. Hal ini dikarenakan bahwa piperin lebih banyak terdistribusi di dalam buah bukan di permukaan buah, sehingga terjaga dari pengaruh iradiasi UV dan juga temperatur mesin pengering (Nair, 2004; Nisha *et al.*, 2009).

SIMPULAN

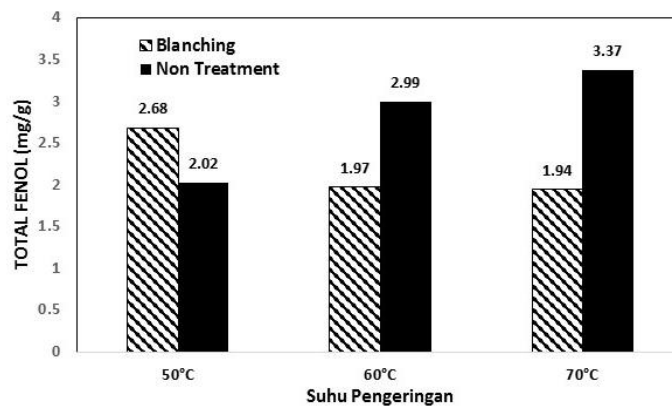
Kesimpulan dari penelitian ini diambil berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *blanching* menyebabkan kerusakan pada dinding sel, pelunakan tekstur dan mempercepat proses pengeringan karena transfer air dari bahan ke ruang pengering lebih mudah. Perubahan sifat fisik berupa dimensi panjang, lebar dan tebal terjadi secara cepat pada sembilan jam awal pengeringan. Perubahan massa sampel *non-treatment* dan *blanching* pada akhir pengeringan relatif sama pada kisaran 31,8%. Kandungan antioksidan, fenol, dan piperin pada sampel *non-treatment* relatif lebih tinggi daripada sampel *blanching* pada seluruh suhu pengeringan. Efek pemberian panas selama *blanching* akan meluruhkan sebagian dari kandungan kimia cabai puyang.

Tabel 1. Karakteristik fisik cabai puyang selama pengeringan

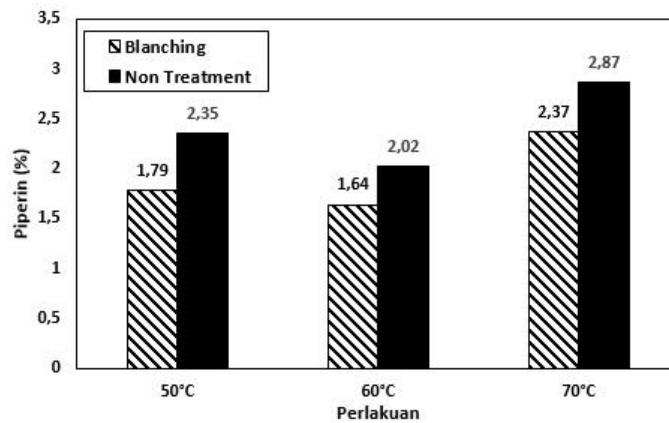
Sampel	Karakteristik	Waktu Pengeringan											
		0	3	6	9	12	15	18	21	24			
50 °C Non-treatment	Massa (g)	100 ± 0,00	73,77 ± 1,88	60,08 ± 1,87	46,76 ± 1,50	39,32 ± 0,92	33,55 ± 0,52	32,33 ± 0,58	31,74 ± 0,71	31,45 ± 0,60			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	88,99 ± 1,67	87,36 ± 1,12	81,63 ± 0,72	77,93 ± 1,19	76,99 ± 1,10	76,53 ± 0,75	74,75 ± 0,69	74,20 ± 0,76			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	85,13 ± 9,84	78,31 ± 8,28	67,95 ± 7,31	66,56 ± 8,61	64,45 ± 6,60	64,54 ± 6,76	63,14 ± 6,61	61,24 ± 6,50			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	83,68 ± 2,06	77,81 ± 1,81	66,59 ± 2,78	65,58 ± 2,39	65,60 ± 1,56	65,56 ± 1,12	63,30 ± 2,76	63,08 ± 2,91			
	Kadar Air (%)	70,92	59,83	47,20	32,09	20,11	10,03	7,43	5,74	5,30			
50 °C Blanching	Massa (g)	100 ± 0,00	68,61 ± 3,34	49,44 ± 3,48	39,18 ± 2,68	34,76 ± 1,67	33,95 ± 1,53	34,48 ± 1,45	33,43 ± 1,57	33,55 ± 1,49			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	87,08 ± 4,53	81,88 ± 4,47	79,40 ± 5,03	77,10 ± 4,45	76,53 ± 3,96	75,98 ± 3,90	76,19 ± 3,52	76,34 ± 3,81			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	86,49 ± 5,87	73,31 ± 5,72	70,35 ± 7,02	67,92 ± 6,32	68,59 ± 8,16	68,33 ± 5,72	68,66 ± 7,29	67,85 ± 6,22			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	81,40 ± 5,02	72,00 ± 4,84	69,61 ± 4,24	68,79 ± 4,84	68,32 ± 4,18	64,59 ± 4,42	65,88 ± 5,41	65,83 ± 4,54			
	Kadar Air (%)	67,03	45,50	23,28	12,50	8,24	7,15	6,41	5,28	4,90			
60 °C Non-treatment	Massa (g)	100 ± 0,00	67,47 ± 1,01	47,86 ± 1,17	34,76 ± 0,96	32,26 ± 0,72	31,57 ± 0,60	31,33 ± 0,66	31,11 ± 0,53	30,95 ± 0,67			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	88,78 ± 0,71	83,44 ± 1,23	78,89 ± 1,37	75,98 ± 0,82	75,11 ± 0,96	75,39 ± 1,01	75,22 ± 0,92	74,26 ± 0,97			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	79,82 ± 1,94	67,88 ± 7,70	64,23 ± 0,71	63,17 ± 0,97	62,71 ± 0,88	62,71 ± 2,44	61,74 ± 1,24	61,11 ± 1,50			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	89,43 ± 3,35	68,67 ± 1,40	64,82 ± 2,37	64,58 ± 3,38	63,92 ± 2,32	63,14 ± 3,53	66,05 ± 2,36	61,42 ± 3,69			
	Kadar Air (%)	71,84	54,68	24,77	8,24	5,91	4,89	4,89	4,89	4,89			
60 °C Blanching	Massa (g)	100 ± 0,00	65,91 ± 2,28	45,92 ± 2,32	34,77 ± 1,52	31,80 ± 1,22	31,26 ± 1,27	30,87 ± 1,31	30,19 ± 2,16	30,91 ± 1,10			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	85,76 ± 2,33	81,97 ± 2,60	77,81 ± 1,64	76,30 ± 1,41	75,72 ± 1,24	75,82 ± 1,41	75,05 ± 1,04	74,57 ± 1,02			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	81,01 ± 3,03	67,79 ± 7,57	68,17 ± 1,77	66,20 ± 2,77	67,19 ± 2,84	65,71 ± 2,67	65,43 ± 2,49	65,88 ± 1,91			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	79,22 ± 2,68	68,67 ± 3,76	71,59 ± 2,58	70,09 ± 3,92	70,09 ± 3,12	68,34 ± 2,20	67,50 ± 2,29	66,99 ± 2,26			
	Kadar Air (%)	68,98	30,72	10,70	5,90	5,50	4,54	4,54	4,54	4,54			
70 °C Non-treatment	Massa (g)	100 ± 0,00	66,06 ± 1,47	39,23 ± 1,09	35,11 ± 0,85	33,38 ± 0,95	33,18 ± 0,68	31,91 ± 0,58	32,70 ± 0,68	32,03 ± 0,87			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	88,02 ± 4,81	79,39 ± 4,10	77,17 ± 3,90	76,36 ± 4,48	75,91 ± 4,01	75,95 ± 3,82	75,69 ± 3,82	75,55 ± 3,82			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	81,33 ± 4,49	67,65 ± 4,20	66,68 ± 3,10	65,85 ± 3,48	64,88 ± 3,14	64,88 ± 3,33	64,57 ± 3,66	65,34 ± 3,35			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	82,07 ± 4,07	70,50 ± 5,02	70,54 ± 5,19	69,04 ± 4,20	68,11 ± 4,65	67,52 ± 4,40	68,32 ± 3,91	66,68 ± 4,99			
	Kadar Air (%)	69,62	45,99	13,22	4,87	4,34	3,79	3,79	3,79	3,79			
70 °C Blanching	Massa (g)	100 ± 0,00	50,03 ± 3,89	35,36 ± 2,24	32,54 ± 1,78	32,00 ± 1,25	31,88 ± 1,29	31,84 ± 1,34	31,71 ± 1,33	31,88 ± 1,29			
	Panjang (mm)	100 ± 0,00	82,19 ± 6,40	78,07 ± 7,97	74,34 ± 10,96	73,53 ± 10,22	73,38 ± 13,14	75,24 ± 5,23	75,14 ± 6,14	74,96 ± 6,20			
	Lebar (mm)	100 ± 0,00	75,39 ± 5,34	71,16 ± 5,01	70,80 ± 6,70	70,33 ± 6,42	69,34 ± 5,28	69,50 ± 5,68	69,35 ± 5,97	68,67 ± 5,76			
	Tebal (mm)	100 ± 0,00	71,71 ± 6,10	69,25 ± 6,38	68,78 ± 6,97	67,10 ± 5,62	66,72 ± 5,12	66,80 ± 4,23	67,18 ± 5,99	66,56 ± 4,67			
	Kadar Air (%)	68,14	23,75	6,48	4,50	3,35	3,35	2,96	2,96	2,96			



Gambar 3. Kandungan antioksidan cabai puyang kering



Gambar 4. Kandungan fenol cabai puyang kering



Gambar 5. Kandungan piperin cabai puyang kering

DAFTAR PUSTAKA

- Chonpathompikunlert, P., Wattanathorn, J., Muchimapura, S., 2010. Piperine, the main alkaloid of Thai black pepper, protects against neurodegeneration and cognitive impairment in animal model of cognitive deficit like condition of Alzheimer's disease. *Food and Chemical Toxicology*. 48, 798-802. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.12.009>
- Hawa, L, C., Ali, S, B., Fujii, S., Yoshimoto, N., Yamamoto, S., 2014. Effects of pre-treatments on browning of lemon peels

- during drying. *Japan Journal of Food Engineering*. 15(3), 181-187. <https://doi.org/10.11301/jsfe.15.181>
- Hawa, L, C., Ubaidillah, U., Wibisono, Y., 2019. Proper model of thin layer drying curve for taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) chips. *International Food Research Journal*. 26(1), 209-216. [http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(01\)%202019/\(23\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(01)%202019/(23).pdf)
- Karam, M, C., Petit, J., Zimmer, D., Djantou, E, B., Scher, J., 2016. Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review. *Journal of Food Engineering*. 188, 32-49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.001>
- Kim, K, J., Lee, M, S., Jo, K., Hwang, J, K., 2011. Piperidine alkaloids from *Piper retrofractum* Vahl. protect against high-fat diet-induced obesity by regulating lipid metabolism and activating AMP-activated protein kinase. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 411, 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2011.06.153>
- Luyen, B, T, T., Tai, B, H., Thao, N, P., Yang, S, Y., Cuong, N, M., Kwon., Y, I., Kim, Y, H., 2014. A new phenylpropanoid and an alkylglycoside from *Piper retrofractum* leaves with their antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity. *Bioorganic & Medical Chemistry Letters*. 24, 4120-4124. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.07.057>
- Matsuda, H., Ninomiya, K., Morikawa, T., Yasuda, D., Yamaguchi, I., Yoshikawa, M., 2009. Hepatoprotective amide constituents from the fruit of *Piper chaba*: Structural requirements, mode of action, and new amides. *Bioorganic & Medical Chemistry*. 17, 7313-7323. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2009.08.050>
- Nair, K, P, P., 2004. The agronomy and economy of black pepper (*Piper nigrum* L.)-The King of Spices. *Advances in Agronomy*. 82, 271-389. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391865-9.00001-3>
- Nakatani, N., Inatani, R., Ohta, H., Nishioka, A., 1986. Chemical constituents of peppers (*Piper spp.*) and application to food preservation: Naturally occurring antioxidative compounds. *Environmental Health Perspectives*. 67, 135-142. <https://doi.org/10.1289/ehp.8667135>
- Nisha, P., Singhal, R, S., Padit, A, B., 2009. The degradation kinetics of flavor in black pepper (*Piper nigrum* L.). *Journal of Food Engineering*. 92, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.018>
- Orsat, V., Changrue, V., Raghavan, G, S, V., 2006. Microwave drying of fruits and vegetables. *Stewart Postharvest Review*. 6, 4-9. <https://doi.org/10.2212/spr.2006.6.4>
- Pandey, O, P., Mishra, B, M., Misra, A., 2019. Comparative study of green peas using with blanching and without blanching techniques. *Information Processing in Agriculture*. 6, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.10.002>
- Pardede, M, C., Julianti, E., Ridwansyah. 2017. Pengaruh suhu blansing dan suhu pengeringan terhadap mutu fisik tepung ubi jalar ungu (*Ipomea batatas* L.). *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. 5(3), 469-477. <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jrpp/article/view/Magdalena%20Cristina%20Pardede>
- Pimpaporn, P., Devahastin, S., Chiewchan, N., 2007. Effects of combined pre-treatments on drying kinetics and quality of potato chips undergoing low-pressure superheated steam drying. *Journal of Food Engineering*. 81, 318-329. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.009>
- Takahashi, M., Ohshiro, M., Ohno, S., Yonamine, K., Arakaki, M., Wada, K., 2017. Effects of solar and oven-drying on physicochemical and antioxidant characteristics of hihatsumodoki (*Piper retrofractum* Vahl) fruit. *Journal of Food Processing and Preservation*. 42(2), 1-9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13469>
- Wibisono, Y., Ubaidillah, U., Hawa, L, C., 2019. Microstructure changes of taro (*Colocasia esculenta* L.Schott) chips and grains during drying. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 230, 1-7. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012008>
- Xiao, H, W., Pan, Z., Deng, L, Z., El-Mashad, M., Yang, X., Mujumdar, A, S., Gao, Z., Zhang, Q., 2017. Recent developments and trends in thermal blanching - A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*. 4, 101-127. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>