

PENGARUH PENGOLAHAN PANAS TERHADAP KONSENTRASI ANTOSIANIN MONOMERIK UBI JALAR UNGU (*Ipomoea batatas* L)

Effect of Heat Processing on Monomeric Anthocyanin of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L)

Ai Mahmudatussa'adah^{1,2}, Dedi Fardiaz^{1,3}, Nuri Andarwulan^{1,3}, Feri Kusnandar^{1,3}

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

²Program Studi Pendidikan Tata Boga, Fakultas Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 14450

³Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Centre, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680
Email: aims_upi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Antosianin merupakan salah satu kelompok zat warna alami yang terdapat pada tanaman, seperti daun, bunga, umbi, buah atau sayur. Salah satu sumber antosianin pada tanaman adalah ubi jalar ungu (UJU) yang mengandung lebih dari 98% antosianin terasilasi dari konsentrasi antosianin umbi. Warna antosianin bervariasi mulai dari merah, ungu, biru, sampai kuning. Warna dan konsentrasi antosianin dapat berubah karena pengaruh panas. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan warna dan konsentrasi antosianin monomerik sebagai akibat proses pengolahan dalam pembuatan *flakes* UJU. Penelitian ini mengkaji juga mengenai model kinetika reaksi pengaruh suhu dan waktu panggang terhadap konsentrasi antosianin UJU segar dan *flakes* rehidrasi. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga kali ulangan. Warna dan konsentrasi antosianin dari UJU segar, setelah proses pengukusan dan setelah menjadi *flakes* dibandingkan. UJU segar berwarna ungu kecoklatan ($L^*=23,38\pm 0,71$, $C=9,84\pm 0,98$, $Hue=12,25\pm 1,61$). Konsentrasi antosianin monomerik pada UJU segar adalah $1,45\pm 0,00$ mg setara sianidin (CyE)/g basis kering (bk). Secara umum, warna dan konsentrasi antosianin UJU berubah selama proses pembuatan *flakes*. UJU yang dikukus selama 7 menit berubah menjadi ungu cerah ($L^*=25,88\pm 0,47$, $C=24,64\pm 0,25$, $Hue=348,83\pm 0,33$) dengan konsentrasi antosianin monomerik meningkat menjadi $3,76\pm 0,01$ mg CyE/g bk. *Flakes* UJU berwarna ungu sangat cerah ($L^*=36,12\pm 0,11$, $C=9,97\pm 0,18$, $Hue=359,29\pm 0,31$) dan konsentrasi antosianin monomerik sedikit lebih rendah dibandingkan ubi jalar setelah dikukus ($3,19\pm 0,12$ mg CyE/g bk). Jumlah antosianin monomerik UJU segar dan *flakes* rehidrasi menurun seiring dengan waktu dan suhu pemanggangan.

Kata kunci: Warna, antosianin, ubi jalar ungu, *flakes*, kecepatan penurunan

ABSTRACT

Anthocyanin is a natural pigment found in plants, such as leaves, flowers, roots, fruits or vegetables. Purple sweet potato (PSP) is one source of anthocyanin consisting of 98% acylated anthocyanin of the total anthocyanin content in tuber. Anthocyanin color varies from red, purple, blue to yellow. The color and amount of anthocyanin may change due to heating processings. The purpose of this research was to observe the changes in color and anthocyanin monomeric content in PSP during heat processing of flakes. The other purpose of this reseach was to observe the order kinetics model of effect temperature and time baking on total anthocyanin monomeric of fresh PSP and rehydration PSP flakes. The experimental applied a completely randomized design with three replications. The color and amount of anthocyanin from fresh PSP, after steaming process and processed into a flake were compared. Fresh PSP had brownly purple color ($L^* = 23.38 \pm 0.71$, $C = 9.84 \pm 0.98$, $Hue = 12.25 \pm 1.61$). Total monomeric anthocyanin in fresh PSP was 1.45 ± 0.00 mg cyanidin equivalent (CyE)/g dry basis (db). In general, the color and the amount of PSP anthocyanin changed during the flakes processing. Steamed PSP for 7 minutes turned its color into a bright purple ($L^* = 25.88 \pm 0.47$, $C = 24.64 \pm 0.25$, $Hue = 348.83 \pm 0.33$) with the amount of monomeric anthocyanin increased to 3.76 ± 0.01 CyE mg/g db. Flakes PSP was very bright purple ($L^* = 36.12 \pm 0.11$, $C = 9.97 \pm 0.18$, $Hue = 359.29 \pm 0.31$) and the amount of monomeric

anthocyanin was slightly lower than that of steamed sweet potato (3.19 ± 0.12 mg CyE / g db). Total monomeric anthocyanin of fresh PSP and rehydration flakes PSP decrease during baking time.

Keywords: Color, anthocyanin, purple sweet potato, flakes, degradation kinetics

PENDAHULUAN

Antosianin merupakan zat warna larut air yang banyak ditemukan pada tanaman, yaitu di bagian bunga, daun, umbi, buah atau sayur. Antosianin adalah senyawa yang terdiri dari antosianidin dan gugus gula. Antosianidin yang banyak ditemukan di dalam buah, sayur atau umbi adalah pelargonidin, sianidin, delphinidin, peonidin, petunidin dan malvidin (Kim dkk., 2012). Antosianin dapat memberikan warna yang berbeda (merah, ungu, biru, atau kuning), tergantung pada pHnya. Pada kondisi pH asam antosianin berwarna merah atau ungu, pada pH basa berwarna hijau atau kuning, dan pada pH netral berwarna biru. Antosianin sebagai pewarna banyak digunakan sebagai pewarna alami pada produk minuman, minuman fermentasi, jus, sari buah, dan mie instan. Di samping sebagai zat warna alami, antosianin juga dapat berperan sebagai antioksidan, anti inflamasi, anti kanker (kanker kolon), dan mempunyai kemampuan untuk menurunkan glukosa darah (Cevallos-Casals dan Cisneros-Zevallos, 2004; Wu dkk., 2004; Jiao dkk., 2012; Burgos dkk., 2013).

Ubi jalar ungu merupakan sumber antosianin, yaitu mengandung lebih dari 98% antosianin terasilasi dari konsentrasi antosianin yang terkandung di dalam umbi (Jie dkk., 2013). Jenis antosianin yang ditemukan di dalam ubi jalar ungu adalah sianidin 3-kafeol-sophorosida-5-glukosida dan peonidin 3-kafeol-sophorosida-5-glukosida (Otake dkk., 1992; Goda dkk., 1997; Terahara dkk., 2004; Montilla dkk., 2011; Jie dkk., 2013). Varietas Ayamurasaki mengandung 74% peonidin dan 19% sianidin dari antosianin yang diasilasi (Tsukui dkk., 2002). Antosianin terasilasi pada ubi jalar ungu stabil terhadap perubahan pH, panas, mempunyai aktivitas antioksidan dan anti mutagenetik (Yoshimoto dkk., 1999; Yoshimoto dkk., 2001; Cevallos-Casals dan Cisneros-Zevallos, 2004; Kano dkk., 2005; dan Jie dkk., 2013).

Ubi jalar ungu (UJU) banyak dikonsumsi dalam bentuk goreng/rebus atau diolah menjadi dodol dan selai. UJU juga mulai dikembangkan menjadi tepung untuk digunakan sebagai ingredien pangan, misalnya untuk mie telo. Di antara potensi pemanfaatan lain dari UJU adalah diolah menjadi bentuk *flakes* dengan warna khas dari antosianin. *Flakes* merupakan sediaan kering atau serpihan yang dibuat melalui tahapan pembuatan pasta dan dikeringkan dengan pengering drum. Umumnya *flakes* diproses dari bahan baku kentang, yaitu dikenal dengan *potato flakes*. *Flakes* dapat diolah lebih

lanjut sebagai ingredien pangan untuk pembuatan *french fried potatoes* atau *potato chips* (Lamberti dkk., 2004).

Ubi jalar secara alami mengandung fenol dan enzim fenolase (Walter dan Pucell, 1980; Thompson, 1981), sehingga setelah proses pengupasan sangat mudah mengalami proses pencoklatan secara enzimatik (Krishnan dkk., 2010) yang dipercepat dengan paparan terhadap oksigen. Proses pencoklatan dapat mempengaruhi warna ubi jalar, sehingga enzim perlu diinaktivasi. Inaktivasi enzim dapat dilakukan dengan cara pengukusan, perebusan, penggorengan, atau pemanggangan.

Pembuatan *flakes* secara umum melalui tahapan proses pembuatan pasta dengan cara dikukus, direbus, digoreng atau dipanggang, kemudian pasta tersebut dikeringkan dengan pengering drum. Konsentrasi dan warna antosianin dapat berubah karena pengaruh pemanasan (Truong dkk., 2010; Kim dkk., 2012; Lachman dkk., 2012; dan Burgos dkk., 2013). Informasi mengenai perubahan warna dan konsentrasi antosianin sebagai akibat proses pengolahan panas ubi jalar menjadi *flakes* ubi jalar belum tersedia. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi seberapa besar perubahan warna dan konsentrasi antosianin yang terjadi selama tahap pemanasan pada proses pembuatan *flakes* ubi jalar ungu. Kinetika reaksi perubahan konsentrasi antosianin monomerik dari UJU segar dan *flakes* rehidrasi oleh proses pemanggangan juga dipelajari.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah UJU varietas Ayamurasaki yang didapatkan dari petani di Desa Cilembu, Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang. UJU varietas Ayamurasaki (dengan masa tanam 5 bulan, Juni – Nopember 2013) telah diverifikasi karakteristik taksonominya di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi (Balitkabi), Malang. Setelah dipanen UJU dicuci bersih, dikeringkan dengan cara diangin-anginkan kemudian disimpan selama 7 hari pada ruangan berventilasi dengan kelembaban 80%. Ubi jalar ungu sampai tahap ini disebut sebagai UJU segar. Bahan kimia yang digunakan untuk analisis di antaranya metanol, KCl, CH_3COONa , NaOH, dan HCl dari Merck Jerman.

Peralatan utama yang digunakan untuk pembuatan sampel *flakes* UJU adalah pengupas *abrasive* Hobart,

pengukus, mesin penghancur Alexanderwerk, dan pengering drum. Alat analisis yang digunakan di antaranya sentrifuse (Hermle Z383K), pengering beku (Labconco), *evaporator* putar Buchi Switzerland R210, colorimeter (Minolta CR 310) dan *Spektrofotometer* UV-Vis (2450 Shimadzu).

Penyiapan UJU Segar, Kukus dan Flakes

Pembuatan *flakes* UJU mengikuti metode Lamberti dkk. (2004) dengan sedikit modifikasi pada tahap pengukusan. Sebanyak 5 kg sampel UJU dikupas dengan pengupas *abrasive*, dicuci dalam air yang mengalir, dipotong dengan panjang 3 cm (UJU segar), dan ditiriskan. Potongan UJU dikukus selama 7 menit untuk menghasilkan UJU kukus. *Flakes* UJU disiapkan dengan cara menghancurkan UJU kukus dengan mesin penghancur sehingga diperoleh pasta UJU, lalu dihomogenkan dan dikeringkan dengan pengering drum pada suhu 141,5 °C dengan kecepatan putaran 1 rpm. *Flakes* UJU dikemas dalam kantong plastik, UJU segar dan UJU kukus dikeringbekukan dengan *freeze dryer* pada suhu -51 °C selama 48 jam. Sampel disimpan pada suhu -27 °C hingga dianalisis.

Ekstraksi Antosianin

Ekstraksi antosianin sampel UJU segar, UJU kukus, *flakes* UJU, UJU segar panggang dan *flakes* rehidrasi panggang mengikuti metode Huang dkk. (2010) dengan modifikasi pada perbandingan jumlah sampel dengan pelarut, dan jenis pelarut yang digunakan. Sebanyak 1 gram sampel disuspensikan dalam 32 mL larutan asam-metanol 15% HCl (HCl, 1.5 M di dalam metanol). Suspensi diaduk dalam alat penangas air goyang pada suhu 50 °C selama 60 menit. Selanjutnya suspensi sampel disentrifus pada kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Supernatan dipisahkan dan disaring dengan kertas saring Whatman No. 1. Endapan diekstrak kembali dengan larutan asam-metanol 15% sebanyak dua kali lagi, kemudian supernatan dikumpulkan dalam botol gelap. Sebanyak 88 mL supernatan diuapkan dengan *evaporator* putar Buchi Switzerland R210 pada suhu 40 °C, 4 rpm selama 20 menit sampai diperoleh ekstrak antosianin pekat yang ditandai dengan mulai terbentuknya endapan. Sebanyak 5-7 mL ekstrak antosianin pekat disimpan di dalam botol gelap, disimpan pada suhu -27 °C sampai digunakan untuk analisis.

Pengukuran Warna

Warna sampel UJU segar, UJU kukus dan *flakes* UJU diukur dengan *colorimeter* dengan sistem pengukuran CIELAB (Truong dkk., 2012). Parameter yang diukur meliputi L* (*Lightness*), a* = merah (+) sampai hijau (-), b* = kuning (+) sampai biru (-). *Chromaticity* (C) menunjukkan intensitas warna yang dihitung dengan rumus $\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$

$\sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$. Hue angle (H*) dihitung sebagai $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. Hue diekspresikan sebagai derajat sudut mulai dari 0° – 360°, dimana 0° (merah) dalam kuadran +a*, diputar berlawanan arah jarum jam 90° (kuning) untuk +b*, 180° (hijau) untuk -a*, 360° (biru) untuk -b*. *Colorimeter* dikalibrasi dengan L* = 92,75, a* = - 0,76, b* = - 0,07. Sampel dimasukkan ke dalam cawan petri dan secara hati-hati permukaannya ditekan untuk menghilangkan gelembung udara. Nilai parameter warna tersebut dihitung dari rata-rata tiga kali ulangan pengukuran.

Analisis Antosianin Monomerik

Analisis antosianin monomerik mengacu metode Jie dkk. (2013) yaitu atas metode yang digunakan oleh Lee dkk. (2005). Metode ini didasarkan pada perbedaan struktur antosianin pada pH 1 dan pH 4.5. Sebanyak 1 mL ekstrak antosianin dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL, kemudian ditambahkan larutan buffer KCl (0,025 M) pH 1 sampai volume menjadi 5 mL. Selanjutnya 1 mL ekstrak antosianin dimasukkan ke dalam labu ukur 5 mL yang lain, kemudian ditambahkan larutan buffer Na-asetat (0,4 M) pH 4,5 sampai volume menjadi 5 mL. Kedua labu tersebut ditempatkan di ruang gelap selama 60 menit. Absorbansi dari setiap larutan setelah mencapai kesetimbangan diukur dengan *spektrofotometer* UV-Vis pada panjang gelombang yang memberikan absorbansi maksimal dan pada panjang gelombang 700 nm dengan blanko akuabides. Selanjutnya antosianin monomerik (CyE) dihitung dengan menggunakan dua Persamaan (1) dan (2) (Jie dkk., 2013). Monomer antosianin dihitung dan dinyatakan sebagai ekuivalen sianidin-3-glukosida (CyE, C₂₁H₂₁O₁₁, mg/L).

$$A = (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{\lambda_{\text{vis-max}}} - A_{700})_{\text{pH}4.5} \quad (1)$$

$$\text{Antosianin monomerik (CyE, mg/L)} : \frac{A \times BM \times FP \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

dimana A_{λ_{vis-max}} (absorbansi pada panjang gelombang penyerapan maksimum di daerah sinar tampak); A (absorbansi), BM (Berat molekul sianidin-3-glukosida, 449,2 g/mol), FP (faktor pengenceran), ε (absorptivitas molar sianidin – 3 - glukosida, 26900 L/cm/mol), l panjang sel kuvet (1 cm) dan 1000 faktor konversi g ke mg.

Semua pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali ulangan. Untuk mendapatkan absorbansi maksimum, spektrum dari larutan sampel diukur pada panjang gelombang 350–700 nm. Sampel ini menunjukkan λ_{vis-max} pada panjang gelombang 521 nm untuk pH 1 dan 544 nm untuk pH 4,5.

Kinetika Penurunan Konsentrasi Antosianin Monomerik Akibat Pemanggangan

Kinetika penurunan konsentrasi antosianin monomerik akibat pemanggangan dilakukan pada UJU segar dan *flakes* yang telah direhidrasi. UJU segar dibersihkan, dikupas, dipotong-potong berbentuk kubus dengan panjang sisi 4 cm, kemudian masing-masing dibungkus dengan aluminium foil. Rehidrasi *flakes* dilakukan dengan cara menambahkan air pada *flakes* sesuai kadar air pada UJU segar (65%), kemudian diaduk hingga membentuk pasta. Pasta dibentuk di dalam cetakan berbentuk kubus dengan panjang sisi 4 cm kemudian dibungkus aluminium foil.

Sampel UJU segar dan *flakes* rehidrasi dipanggang dalam oven pada suhu dan waktu yang berbeda, yaitu 150 °C selama 0-120 menit, 200 °C selama 0-90 menit, dan 250 °C selama 0-60 menit. Pada setiap suhu pemanggangan diambil 7 titik sampel, yaitu pada 150 °C (0, 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit), pada 200 °C (0, 15, 30, 45, 60, 75 dan 90 menit) dan pada 250 °C (0, 10, 20, 30, 40, dan 60 menit). Sampel didinginkan di dalam cooler box yang sudah dilengkapi dry ice, kemudian dikeringbekukan, digiling membentuk tepung dan disaring dengan saringan berukuran 80 mesh. Sampel disimpan pada suhu -27 °C sampai digunakan untuk analisis konsentrasi antosianin monomerik. Orde reaksi penurunan konsentrasi antosianin ditentukan dengan cara memplotkan data sebagai fungsi dari waktu pemanggangan dan konsentrasi antosianin, kemudian ditentukan nilai konstanta laju reaksinya (k) pada masing-masing suhu pada orde reaksi nol dan satu.

$$\text{Persamaan kinetika reaksi orde nol : } C_t = C_o - kt \quad (3)$$

$$\text{Persamaan kinetika reaksi orde satu : } \ln \frac{C_t}{C_o} = -kt \quad (4)$$

$$\text{Waktu paruh (t}_{1/2}\text{) orde nol : } \left[\frac{A_o I}{2k} \right] \quad (5)$$

$$\text{Waktu paruh (t}_{1/2}\text{) orde satu : } \frac{-\ln 0,5}{k} \quad (6)$$

Pengaruh suhu terhadap penurunan konsentrasi antosianin selama pemanggangan, ditentukan dengan menghitung energi aktivasi menggunakan persamaan Arrhenius :

$$\ln k_T = \ln k_o - \frac{Ea}{RT} \quad (7)$$

C_o = konsentrasi antosianin pada waktu 0; C_t = konsentrasi antosianin pada waktu ke t; k_r = konstanta laju reaksi, k_o = faktor pre-eksponensial (mol/L/s); Ea : Energi aktivasi (kJ/mol), R konstanta gas ideal (8,314 J/mol K) dan T : suhu (Kelvin). Energi aktivasi dan faktor pre-eksponensial masing-masing ditentukan dari slop dan intersep hasil regresi linier antara $\ln k$ dan $1/T$ (Jie dkk., 2013).

Analisis Data

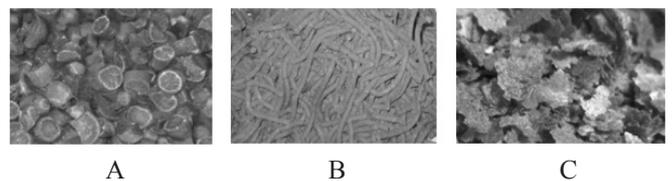
Data-data yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk nilai rerata ± standar deviasi (*Mean ± SD*). Data analisis warna dan konsentrasi antosianin monomerik dari perlakuan pemanasan UJU (segar, kukus dan *flakes*) diuji sidik ragamnya (ANOVA) kemudian dilakukan uji jarak berganda Duncan dengan menggunakan aplikasi SPSS 16 untuk menentukan perbedaan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Warna

UJU segar mengandung air sebanyak 65%. Setelah proses pengukusan, kadar air meningkat menjadi 72%, dan setelah pengeringan dengan pengering drum menurun kembali menjadi 6%. UJU segar memiliki warna merah ungu kecoklatan (Gambar 1A). Warna UJU berubah setelah proses pengukusan selama 7 menit menjadi ungu kemerahan (Gambar 1B). Proses lebih lanjut dengan pengering *drum drier* pada suhu 141,5 °C menghasilkan *flakes* UJU berwarna ungu cerah (Gambar 1C).

Proses pengukusan dapat menginaktifkan enzim antosianase, polifenol oksidase, dan peroksidase sehingga tidak mendegradasi antosianin (Shi dkk., 1992; Jang dkk., 2005; dan Truong dkk., 2010). Enzim alami yang terdapat dalam UJU inaktif, maka tidak akan terjadi proses oksidasi dan pencoklatan, sehingga warna dari UJU kukus adalah ungu kemerahan. Proses pengeringan pasta UJU dapat menghilangkan sebagian besar dari kandungan air pasta, sehingga *flakes* UJU berwarna ungu cerah.



Gambar 1. A: UJU segar, B: UJU kukus, dan C: *Flakes* UJU

Perubahan warna secara visual pada Gambar 1, dikonfirmasi dengan pengukuran secara obyektif dengan colorimeter (Tabel 1). Parameter warna (L^* , a^* , b^* , C dan *Hue*) berbeda secara nyata ($P < 0,05$) pada UJU segar, UJU kukus dan *flakes* UJU. Dari parameter L^* dan b^* , *flakes* UJU menunjukkan warna paling cerah dan paling ungu biru, sedangkan berdasarkan parameter intensitas warna (C), dan a^* UJU kukus menunjukkan kekuatan warna paling tinggi dibandingkan dengan UJU segar dan *flakes* UJU. UJU segar menunjukkan warna merah kekuningan, dengan a^* , b^* positif dan derajat *Hue* yang cenderung menunjukkan warna merah oranye. UJU kukus menunjukkan warna merah kebiruan

Tabel 1. Karakteristik warna dari UJU segar, kukus, dan flakes

Sampel UJU	L*	a*	b*	C	Hue (°)
Segar	23,38 ± 0,71 ^c	9,60 ± 0,90 ^b	2,11 ± 0,48 ^a	9,84 ± 0,98 ^b	12,25 ± 1,61 ^c
Kukus	25,88 ± 0,47 ^b	24,17 ± 0,22 ^a	-4,77 ± 0,18 ^b	24,64 ± 0,25 ^a	348,83 ± 0,33 ^b
Flakes	36,12 ± 0,11 ^a	9,97 ± 0,18 ^b	-0,13 ± 0,06 ^c	9,97 ± 0,18 ^b	359,29 ± 0,31 ^a

L* (Lightness, kecerahan), a*(redness) b* (yellowness), C (chromacity). Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil uji berbeda nyata (P<0,05).

(a* positif, b* negatif), dan derajat Hue yang cenderung menunjukkan warna ungu.

Ubi jalar ungu segar menunjukkan warna merah kekuningan cenderung coklat. UJU kukus dan flakes UJU menunjukkan warna merah kebiruan cenderung ungu. Nilai C dari UJU kukus menunjukkan intensitas warna yang lebih kuat (24,64 ± 0,25) dibandingkan dengan sampel yang lainnya. Flakes UJU lebih cerah dibandingkan UJU segar dan UJU kukus. Hal ini disebabkan proses pengeringan dengan pengering drum berlangsung pada suhu tinggi dengan waktu yang singkat, sehingga flakes UJU memiliki warna ungu yang lebih cerah.

Menurut peneliti sebelumnya (Oki dkk., 2002) mengemukakan bahwa karakteristik warna dari tepung ubi jalar ungu Ayamurasaki adalah L* : 44,0, a* : 21,6, b* : -6,7 dan hue : - 0,3, radian : 342,88', dan menurut Husnah (2010) karakteristik warna tepung UJU Ayamurasaki adalah L: 42,08, a*: 13,04, b*: -2,88, dan hue: 347,7, hampir sama dengan karakteristik warna UJU kukus dalam penelitian ini. Antosianidin yang dominan di dalam ubi jalar ungu adalah sianidin yang dominan memberikan warna biru, dan peonidin yang dominan memberikan warna merah (Montilla dkk., 2011).

Perubahan Kadar Antosianin Monomerik karena Pemanasan

Perubahan konsentrasi antosianin monomerik dari UJU segar, kukus dan flakes disajikan pada Tabel 2. Konsentrasi antosianin monomerik UJU segar, kukus, dan flakes berbeda nyata (P<0.05). Konsentrasi antosianin monomerik UJU kukus lebih besar dibandingkan dengan flakes UJU dan juga UJU segar dengan konsentrasi antosianin monomerik secara berurutan 3,76 ± 0,01 mg CyE/gram (bk), 3,19 ± 0,12 mg CyE/gram (bk), dan 1,45 ± 0,01 mg CyE/gram (bk).

Tabel 2. Konsentrasi antosianin monomerik UJU segar, kukus, dan flakes

Sampel UJU	Konsentrasi antosianin mgCyE/g (bk)
Segar	1,45 ± 0,00 ^c
Kukus	3,76 ± 0,02 ^a
Flakes	3,19 ± 0,12 ^b

Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan hasil uji berbeda nyata (P<0.05).

Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Truong dkk. (2010), yaitu pemasakan dengan pengukusan selama 25 menit pada beberapa varietas ubi jalar ungu dapat meningkatkan konsentrasi antosianin monomerik, walaupun tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan konsentrasi antosianin total. Demikian juga Lachman dkk. (2012) melaporkan bahwa konsentrasi antosianin monomerik pada kentang ungu meningkat 3,34 kali setelah dipanggang, 4,2 kali setelah direbus, dan 4,5 kali setelah dikukus. Namun Kim dkk. (2012) melaporkan hasil yang berbeda, yaitu konsentrasi antosianin UJU varietas Shinzami berkurang hampir setengahnya ketika dikukus vakum (121 °C, 10 menit) dan hanya sedikit berkurang setelah dipanggang pada 200 °C selama 40-50 menit.

Konsentrasi antosianin monomerik UJU segar paling rendah yang menunjukkan adanya aktivitas enzim antosianase, polifenol oksidase dan peroksidase yang menurunkan kandungan antosianin dan merubah warna antosianin melalui reaksi oksidasi. Menurut Shi dkk. (1992), perubahan warna pada ubi jalar ungu pada suhu ruang berhubungan dengan adanya penurunan polifenol oleh aktivitas enzim antosianase, polifenol oksidase dan peroksidase. Jang dkk. (2005) menunjukkan juga bahwa enzim polifenol oksidase yang terdapat pada kentang berdaging ungu sangat aktif pada suhu ruang dan terdegradasi pada suhu lebih tinggi dari 70 °C. Proses pengukusan atau pembekuan potongan ubi jalar segar sebelum ekstraksi antosianin dapat meminimalkan kerusakan antosianin dan fenolat (Truong dkk., 2010).

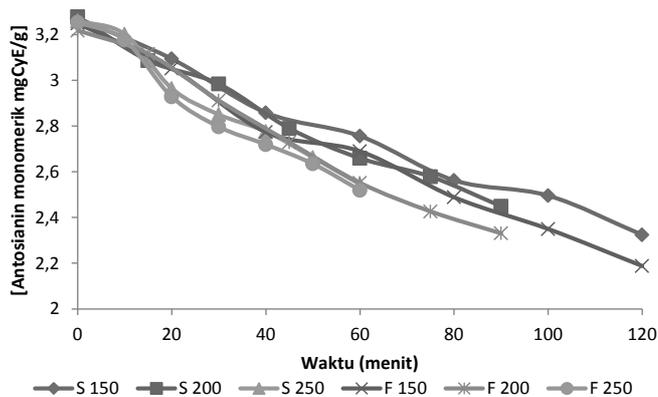
Konsentrasi antosianin monomerik dari flakes UJU lebih tinggi dibandingkan dengan UJU segar dan lebih kecil dibandingkan dengan UJU kukus. Flakes UJU mengalami dua kali proses pemanasan, yaitu pengukusan dan pengeringan dengan pengering drum. Proses pengeringan pasta UJU dengan pengering drum berjalan cepat 1 rpm, sehingga dapat mempertahankan konsentrasi antosianin monomerik. Teknik pengeringan yang dilakukan dengan cepat dapat mempertahankan kandungan nutrisi dari bahan yang dikeringkan (Afzal dkk., 1999).

Beberapa peneliti terdahulu menemukan bahwa konsentrasi antosianin monomerik dari flakes kentang ungu adalah 4,01 mg/g bubuk (Han dkk., 2007); antosianin di dalam tepung ubi jalar Ayamurasaki tertinggi 1,88 mg Cy-

3-glukosida/g tepung (Husnah, 2010). Menurut Jiao dkk. (2012) konsentrasi antosianin UJU 1,38 mg/g bk. Jumlah antosianin monomerik *flakes* UJU hasil penelitian ini lebih rendah dari jumlah antosianin *flakes* kentang ungu (Han dkk., 2007), namun lebih tinggi dari jumlah antosianin tepung UJU Ayamurasaki (Husnah, 2010). Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan bahan baku *flakes* dan teknik pengeringan *flakes* dengan tepung yang berbeda. Konsentrasi UJU segar dalam penelitian ini hampir sama dengan jumlah antosianin UJU yang ditemukan oleh Jiao dkk. (2012).

Kinetika Penurunan Konsentrasi Antosianin Monomerik Akibat Pemanggangan

Perubahan konsentrasi antosianin monomerik dari UJU segar dan *flakes* rehidrasi yang dipanggang pada suhu 150 °C, 200 °C dan 250 °C pada waktu yang berbeda-beda disajikan pada Gambar 2. Secara umum, UJU segar dan *flakes* rehidrasi yang dipanggang pada suhu yang lebih rendah memiliki kandungan antosianin monomerik yang lebih tinggi pada waktu pemanasan yang sama. Hal ini ditunjukkan dengan nilai konstanta laju reaksi yang semakin kecil pada suhu pemanggangan yang lebih rendah (Tabel 3).



Gambar 2. Perubahan konsentrasi antosianin monomerik pada UJU segar (S) dan *flakes* rehidrasi (F) pada berbagai suhu dan waktu pemanggangan

Antosianin monomerik yang dipanggang pada suhu yang sama cenderung menurun dengan semakin lamanya waktu proses. Data pada Gambar 2 juga menunjukkan bahwa pemanggangan pada suhu lebih tinggi tetapi dengan waktu yang lebih cepat memiliki konsentrasi antosianin monomerik yang lebih tinggi. Analisis data lebih lanjut menunjukkan bahwa penurunan konsentrasi antosianin monomerik UJU segar dan *flakes* rehidrasi cenderung mengikuti model reaksi orde nol dan orde satu, karena memberikan nilai R² yang hampir sama (Tabel 3).

Peneliti sebelumnya menemukan bahwa stabilitas panas dari antosianin UJU (Jie dkk., 2013) dan antosianin beras hitam (Hou dkk., 2013) adalah mengikuti model kinetika reaksi orde satu. Semakin tinggi suhu pemanggangan, semakin kecil waktu paruh, berarti antosianin semakin mudah rusak. Energi aktivasi UJU segar lebih tinggi dibandingkan energi aktivasi *flakes* rehidrasi, menunjukkan UJU segar lebih sensitif terhadap perubahan suhu dibandingkan *flakes* rehidrasi. Peneliti sebelumnya menemukan bahwa energi aktivasi (Ea) ekstrak antosianin ubi jalar ungu pada pH 6 adalah 89,38 kJ/mol, dan Ea nya menurun ketika ditambahkan ke dalam jus buah (Jie dkk., 2013).

KESIMPULAN

Proses pengolahan UJU menjadi *flakes* UJU menyebabkan perubahan warna dan konsentrasi antosianin monomerik. Proses pengukusan selama 7 menit dapat mempertahankan karakteristik warna alami dan konsentrasi antosianin UJU. Pembuatan *flakes* UJU dengan pengering drum pada suhu 141,5 °C mengubah warna menjadi ungu cerah dan konsentrasi antosianin monomerik lebih tinggi dibandingkan UJU segar. Perubahan konsentrasi UJU segar dan *flakes* rehidrasi selama proses pemanggangan mengikuti model orde reaksi nol dan satu. Antosianin *flakes* rehidrasi relatif lebih stabil dibandingkan antosianin UJU segar.

Tabel 3. Kinetika perubahan konsentrasi antosianin monomerik UJU segar dan *flakes* rehidrasi pada berbagai suhu pemanggangan

Sampel UJU	Suhu (°C)	Model orde reaksi 0			Model orde reaksi 1				
		k	R ²	t1/2	Ea (kJ/mol)	k	R ²	t1/2	Ea (kJ/mol)
Segar	150	0,0077	0,9847	208,7	8,3	0,0028	0,9909	248,03	7,39
	200	0,0097	0,9779	178,4		0,0034	0,9833	203,96	
	250	0,0122	0,9786	133,1		0,0042	0,9838	164,97	
<i>Flakes</i> rehidrasi	150	0,0087	0,9876	185,7	6,6	0,0032	0,9934	193,84	5,35
	200	0,0105	0,9893	153,2		0,0038	0,9926	165,14	
	250	0,0125	0,9689	129,8		0,0043	0,9773	144,92	

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, T.M., Abe, T. dan Hikida, Y. (1999). Energy and quality aspects during combined FIR-convection drying of barley. *Journal of Food Engineering* **42**: 177-182.
- Burgos, G., Amoros, W., Mun˜oa, L., Sosa, P., Cayhualla, E., Sanchez, C., Di'az, C. dan Bonierbale, M. (2013). Total phenolic, total anthocyanin and phenolic acid concentrations and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes as affected by boiling. *Journal of Food Composition and Analysis* **30**: 6-12.
- Cevallos-Casals, B.A. dan Cisneros-Zevallos, L. (2004). Stability of anthocyanin based aqueous extracts of Andean purple corn and red-fleshed sweet potato compared to synthetic and natural colorants. *Food Chemistry* **86**: 69-77.
- Goda, Y., Shimizu, T., Kato, Y., Nakamura, M., Maitani, T., Yamada, T., Terahara, N. dan Yamaguchi, M. (1997). Two acylated anthocyanins from purple sweet potato. *Phytochemistry* **44**: 183-186.
- Han, K.H., Matsumoto, A., Shimada, K., Sekikawa, M. dan Michihiro, F. (2007). Effects of anthocyanin-rich purple potato flakes on antioxidant status in F344 rats fed a cholesterol-rich diet. *British Journal of Nutrition* **98**: 914-921.
- Hou, Z., Qin, P., Zhang, Y., Cui, S. dan Ren, G. (2013). Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Research International* **50**: 691-697.
- Huang, C.L., Liao, W.C., Chan, C.F. dan Lai, Y.C. (2010). Optimization for extraction anthocyanin from purple sweet potato roots using response surface methodology. *Journal of Taiwan Agricultural Research* **59**: 143-150.
- Husnah, S. (2010). *Pembuatan Tepung Ubi Jalar Ungu (Ipomoea Batatas Varietas Ayamurasaki) dan Aplikasinya dalam Pembuatan Roti Tawar*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Jang, J., Ma, Y., Shin, J. dan Song, K. (2005). Characterization of polyphenoloxidase extracted from *Solanum tuberosum* Jasim. *Food Science and Biotechnology* **14**: 117-122.
- Jiao, Y., Jiang, Y., Zhai, W. dan Yang, Z. (2012). Studies on antioxidant capacity of anthocyanin extract from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) *African Journal of Biotechnology* **11**: 7046-7054.
- Jie, L., Xiao-ding, L., Yun, Z., Zheng-dong, Z., Zhi-ya, O., Meng, L., Shao-hua, Z., Shuo, L., Meng, W. dan Lu, O. (2013). Identification and thermal stability of purple-fleshed sweet potato anthocyanins in aqueous solutions with various pH values and fruit juices. *Food Chemistry* **136**: 1429-1434.
- Kano, M., Takayanagi, T., Harada, K., Makino, K. dan Ishikawa, F. (2005). Antioxidative activity of anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas* cultivar Ayamurasaki. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **69**: 979-988.
- Kim, H.W., Kim, J.B., Cho, S.M., Chung, M.N., Leen, Y.M., Chu, S.M., Che, J.H., Kim, S.N., Kim, S.Y., Cho, Y.S., Kim, J.H., Park, H.J. dan Lee, D.J. (2012). Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. *Food Chemistry* **130**: 966-972.
- Krishnan, J.G., Padmaja, G., Moorthy, S.N., Suja, G. dan Sajeev, M.S. (2010). Effect of pre-soaking treatments on the nutritional profile and browning index of sweet potato and yam flours. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* **11**: 387-393.
- Lachman, J., Hamouz, K., Orsak, M., Pivec, V., Hejtmankova, K., Pazderu, K., Dvorak, P. dan Cepl, J. (2012). Impact of selected factors - Cultivar, storage, cooking and baking on the content of anthocyanins in coloured-flesh potatoes. *Food Chemistry* **133**: 1107-1116.
- Lamberti, M., Geiselman, A., Conde-Petit, B. dan Escher, F. (2004). Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie* **37**: 417-427.
- Lee, J., Durst, W. dan Wrolstad, R.E. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: Collaborative study. *Journal of AOAC International* **88**: 1269-1278.
- Montilla, E.C., Hillebrand, S. dan Winterhalter, P. (2011). Anthocyanins in purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) varieties. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* **5**(Special Issue 2): 19-24.
- Odake, K., Terahara, N., Saito, N., Toki, K. dan Honda, T. (1992). Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry* **31**: 2127-2130.
- Oki, T., Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y. Terahara, N. dan Suda, I. (2002). Involvement of anthocyanins and other phenolic compounds in radical-scavenging activity of purple-fleshed sweetpotato cultivars. *Journal of Food Science* **67**: 1752-1756.

- Shi, Z., Bassa, I.A., Gabriel, S.L. dan Francis, F.J. (1992). Anthocyanin pigments of sweetpotatoes *Ipomoea batatas*. *Journal of Food Science* **57**: 755-770.
- Terahara, N., Konczak, I., Ono, H., Yoshimoto, M. dan Yamakawa, O. (2004). Characterization of acylated anthocyanins in callus induced from storage root of purple-fleshed sweet potato, *Ipomoea batatas* L. *Journal of Biomedicine and Biotechnology* **5**: 279-286.
- Thompson, D.P. (1981). Chlorogenic acid and other phenolic compounds in fourteen sweet potato cultivars. *Journal of Food Science* **46**: 738-740.
- Truong, V.D., Deighton, N., Thompson, R.T., Mc Feeters, R.F., Dean, L.O., Pecota, K.V. dan Yencho, G.C. (2010). Characterization of anthocyanins and anthocyanidins in purple-fleshed sweetpotatoes by HPLC-DAD/ESI-MS/MS. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* **58**: 404-410.
- Truong, V.D., Hua, Z., Thompson, R.L., Yencho, G.C. dan Pecota, K.V. (2012). Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes. *Journal of Food Composition and Analysis* **26**: 96-103.
- Tsukui, A., Murakami, T., Shiina, R. dan Hayashi, K. (2002). Effect of alcoholic fermentation on the stability of purple sweet potato anthocyanins. *Food Science and Technology Research* **8**: 4-7.
- Walter, W.M. dan Purcell, A.E. (1980). Effect of substrate levels and polyphenol oxidase activities on darkening in sweet potato cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **28**: 941-944.
- Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E. dan Prior, R.L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**: 4026-4037.
- Yoshimoto, M., Okuno, S., Yoshinaga, M., Yamakawa, O., Yamaguchi, M. dan Yamada, J. (1999). Antimutagenicity of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) roots. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **63**: 537-541.
- Yoshimoto, M., Okuno, S., Yamaguchi, M. dan Yamakawa, O. (2001). Antimutagenicity of deacylated anthocyanins in purple-fleshed sweetpotato. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* **65**: 1652-1655.