

KINETIKA PENGERINGAN VAKUM DAN KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA IRISAN MANGGA MANALAGI (*Mangifera Indica L.*)

Vacuum Drying Kinetics and Physicochemical Properties of Manalagi Mango (Mangifera Indica L.) Slice

La Choviya Hawa*, Alfida Alviolita Melindasari, Dimas Firmanda Al Riza, Mohamad Efendi
Departemen Teknik Biosistem – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

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

Disubmit : 5 Juli 2023

Direvisi : 30 September 2023

Diterima : 29 Desember 2023

ABSTRAK

Mangga Manalagi memiliki kandungan gizi serta kadar air yang tinggi, sehingga mudah mengalami perubahan fisik yang ditandai dengan adanya reaksi enzimatik. Oleh karena itu, perlu teknologi pascapanen untuk memperpanjang umur simpan. Teknologi pengeringan vakum merupakan salah satu teknologi yang dapat menjaga kualitas hasil pengeringan, yang lebih baik dibandingkan dengan teknologi pengeringan konvensional. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kinetika pengeringan dan perubahan fisikokimia selama pengeringan dengan menggunakan teknologi vakum pada irisan mangga Manalagi. Pengeringan dilakukan menggunakan variasi tekanan vakum (200, 300, dan 400 mbar) dan pra-perlakuan (larutan asam sitrat, asam askorbat, dan air lemon yang dikombinasikan dengan larutan kalsium laktat). Terjadi penurunan kadar air seiring lama pengeringan vakum. Laju pengeringan rata-rata dengan rentang 0,07-0,08%bb/menit. Kinetika pengeringan diprediksi dengan menggunakan tiga model semi empiris dan didapatkan model Midilli sebagai model terbaik berdasarkan uji ketepatan. Berdasarkan ANOVA dua arah menunjukkan bahwa variasi pra-perlakuan dan tekanan memberikan pengaruh nyata terhadap parameter kadar air, total padatan terlarut, kekerasan, dan warna. Nilai yang didapatkan hingga akhir proses pengeringan secara berturut-turut adalah 19,03-25,16%bb; 21,41-31,24%°Brix; 9,59-20,82 kgf; L^* 44,92-69,99; a^* 6,41-12,80; dan b^* 27,43-43,17.

Kata Kunci : Fisikokimia; Mangga Manalagi; Pemodelan Matematika; Pengeringan Vakum

ABSTRACT

Manalagi mango has a high nutritional and water content, so it readily undergoes physical changes characterized by the existence of enzymatic reactions. Therefore, postharvest technology is required to extend the shelf life. Vacuum drying is a technology that can support better drying quality results than conventional drying. This research aims to determine the drying kinetics and physicochemical changes of Manalagi mango slices by vacuum technology during the drying process. Drying was carried out using variations of vacuum pressure (200, 300, and 400 mbar) and osmotic pre-treatment (citric acid, ascorbic acid, and lemon juice combined with calcium lactate solution). There was a decrease in water content with the duration of vacuum drying. The average drying rate was in the range of 0.07–0.08% wb/minute. Drying kinetics were predicted using three semi-empirical models, and the Midilli model was the best model based on goodness of fit. Based on the two-way ANOVA, variations in pre-treatment and pressure significantly affected the parameters of water content, total dissolved solids, hardness, and color. The values until the end of the drying process were 19.03–25.16%wb; 21.41–31.24%°Brix; 9.59–20.82 kgf; L^ 44.92–69.99; a^* 6.41–12.80; and b^* 27.43–43.17, respectively.*

Keywords : Physicochemical; Manalagi Mango; Mathematical Modeling; Vacuum Drying

PENDAHULUAN

Mangga (*Mangifera Indica L.*) termasuk dalam buah yang banyak dibudidayakan di daerah tropis. Mangga memiliki kandungan makronutrien, mikronutrien, dan berbagai macam zat fitokimia (Sulistiyawati *et al.*, 2018). Mangga memiliki kandungan gula, vitamin C, dan provitamin A yang cukup tinggi (Adepoju dan Osunde 2017). Peningkatan konsumsi buah mangga setiap tahunnya menunjukkan kebutuhan konsumen terhadap buah mangga yang semakin banyak. Buah mangga terdiri dari berbagai macam varietas, salah satunya adalah mangga Manalagi. Mangga Manalagi menempati urutan kedua produksi terbanyak di Jawa Timur setelah mangga Gadung, dengan total produk sebesar 58.357 buah pada tahun 2005-2008 (Wilyanti *et al.*, 2019).

Buah mangga memiliki kandungan air lebih dari 80%bb. Hal tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada buah karena umur simpan yang terbatas (Adepoju dan Osunde, 2017). Oleh karena itu, diperlukan penanganan pascapanen buah mangga Manalagi dengan teknologi pengeringan vakum dalam memperpanjang umur simpan (Chayjan *et al.*, 2017).

Penggunaan pengeringan vakum lebih relevan daripada pengeringan konvensional. Hal ini disebabkan proses pengeringan lebih cepat pada suhu yang lebih rendah (Lin *et al.*, 2019; Mella *et al.*, 2022; Suna, 2019). Selain itu, proses pengeringan vakum dapat meningkatkan laju pengeringan, sehingga dapat menghemat waktu produksi dan meminimalkan biaya operasional produksi (Alaei dan Amiri 2015; Mella *et al.* 2022; Parikh, 2015). Proses pengeringan memanfaatkan panas untuk menurunkan kadar air mangga Manalagi, sehingga dapat menghambat reaksi enzimatik maupun reaksi kimia (Hawa *et al.*, 2023; Rozana *et al.*, 2016). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia, rata-rata kadar air maksimum produk mangga kering adalah 25%bb. Hasil pengeringan vakum cenderung mempertahankan kualitas bahan dengan meminimalisir berkurangnya zat aktif

bahan, nutrisi, tekstur dan aroma (Mella *et al.*, 2022; Nusa, 2020; Suna, 2019).

Dalam proses pengeringan diperlukan pra-perlakuan yang tepat untuk mempercepat laju pengeringan, meningkatkan kualitas produk akhir, mencegah pencoklatan, dan membantu menyimpan senyawa volatil. Pra-perlakuan yang dilakukan antara lain perendaman menggunakan sukrosa, blansing uap, dan perendaman menggunakan zat anti-browning (Fan *et al.*, 2019). Proses pra-perlakuan dikombinasikan dengan proses steam blanching dan perendaman untuk meminimalisir efek negatif dan mengoptimalkan efek positif. Zat anti browning meliputi asam sitrat (Sarpong *et al.*, 2018), asam askorbat, dan air lemon yang dikombinasikan dengan kalsium laktat.

Selain pra-perlakuan, kondisi vakum juga dapat mempengaruhi fisikokimia dari bahan (Chayjan *et al.*, 2017; Suna, 2019). Berdasarkan laporan Chayjan *et al.* (2017), variasi tekanan dan suhu memberikan pengaruh signifikan terhadap fisikokimia potongan zucchini. Selain itu, aspek pengeringan pada sektor industri adalah model proses pengeringan (Argo *et al.*, 2018; Hawa *et al.*, 2021; Hawa *et al.*, 2023). Model digunakan sebagai simulasi dan optimasi suatu proses. Selain itu, pemodelan matematika digunakan dalam memprediksi waktu dan generalisasi fenomena pengeringan (Tarafdar *et al.*, 2021).

Minimnya informasi terkait pengeringan vakum dan model kinetika pengeringan dari buah mangga Manalagi menjadikan penelitian ini sangat penting sebagai dasar dalam penentuan proses desain proses, pengemasan, dan konstruksi alat (Doymaz, 2014). Tujuan penelitian ini yaitu menentukan laju pengeringan dan pemodelan kinetika pengeringan serta menganalisa karakteristik fisikokimia mangga Manalagi pada variasi pra-perlakuan dan tekanan pada pengeringan vakum.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah refractometer ATC Juanjuan (China), oven

vakum Memert VO-400 49L, oven Memert UFE-400, kompor listrik Maspion S300, timbangan analitik Fujitsu FSR-A320, kamera VIVO Y21S, *mini studiobox*, mortar dan gelas beaker. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu mangga Manalagi (10°Brix) dari Gresik yang dibeli di Hypermart Malang, aquades, kalsium laktat, sukrosa, asam sitrat, asam askorbat, dan sari lemon. Semua bahan kimia yang digunakan adalah Pro Analis.

Preparasi Sampel

Mangga Manalagi dikupas, dicuci, dipotong dengan ketebalan 5 mm, dan dicetak berbentuk bulat dengan diameter 30 mm. Setelah itu dilanjutkan proses pra-perlakuan dengan tahapan sebagai berikut: (1) perendaman mangga Manalagi dalam larutan sukrosa 25% (rasio sukrosa dan pelarut 1:4) selama 24 jam; (2) mangga Manalagi diblansing menggunakan uap panas bersuhu 99°C selama 10 menit; (3) perendaman mangga Manalagi dalam larutan asam dengan 3 variasi yang meliputi larutan asam sitrat 1,5% (w/w), larutan asam askorbat 1,5% (w/w), dan larutan air lemon 1,5% (v/v) dan dicampur dengan larutan kalsium laktat 0,5% (w/w) selama 20 menit (rasio bahan dan pelarut 1:4).

Pengeringan

Sampel mangga Manalagi yang telah dipreparasi, ditimbang sebanyak 3,5±0,3 g dan dimasukkan ke dalam oven vakum. Pengukuran massa mangga selama pengeringan dilakukan setiap satu jam sekali hingga massa konstan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah pengeringan vakum dilakukan pada suhu 55°C dengan 3 variasi tekanan (200, 300, dan 400 mbar) dan 3 variasi pra-perlakuan (perendaman asam sitrat, asam askorbat, dan air lemon). Semua perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Penentuan massa padatan untuk menghitung kadar air dengan metode gravimetri selama 4 jam pada suhu 105°C (Hawa *et al.*, 2014; Yosika *et al.*, 2020). Kadar air ditentukan berdasarkan kadar air basis basah sesuai Persamaan (1) (Haddarah *et al.*, 2021).

$$K_{bb} = \frac{m_{a+p} - m_p}{m_{a+p}} \dots\dots\dots (1)$$

Di mana K_{bb} adalah kadar air basis basah (%bb); m_{a+p} adalah massa air + padatan (g); dan m_p adalah massa padatan (g).

Laju pengeringan yang terjadi selama fenomena pengeringan dapat ditentukan dengan Persamaan (2) (Hawa *et al.*, 2023; Mella *et al.*, 2022).

$$L_p = \frac{M_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \dots\dots\dots (2)$$

Di mana L_p adalah laju pengeringan (%bb/menit); M_t adalah kadar air ke-t; $M_{t+\Delta t}$ adalah kadar air setelah ke-t (%bb); dan Δt adalah perbedaan waktu (menit).

Pemodelan Matematika

Data perlakuan variasi pra-perlakuan dan tekanan vakum dirubah dalam bentuk rasio kadar air yang tidak berdimensi. Perhitungan rasio kadar air (R_{ka}) dilakukan menggunakan Persamaan (3) (Alaei dan Amiri, 2015; Chayjan *et al.*, 2017; Mella *et al.*, 2022).

$$R_{ka} = \frac{KA_t - KA_e}{KA_0 - KA_e} \dots\dots\dots (3)$$

Di mana KA_t adalah kadar air ke-t (%bb); KA_e adalah kadar air konstan (%bb); dan KA_0 adalah kadar air awal (%bb).

Nilai rasio kadar air kemudian disimulasikan menggunakan 3 (tiga) model matematika dalam memprediksi penurunan rasio kadar air selama pengeringan berlangsung. Persamaan model matematis dari 3 model dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Persamaan model matematis untuk pengeringan vakum mangga Manalagi

Model	Persamaan Model
Page	MR = exp(-kt ⁿ)
Modified Page	MR = exp[-(kt) ⁿ]
Midilli	MR = a exp(-kt) + bt

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut (°Brix) pada sampel segar dan setelah pengeringan dianalisis menggunakan alat refraktometer. Sampel mangga kering diberi tambahan air dengan rasio air dan bahan 1:4, ditunggu hingga melunak, dan dihancurkan dengan mortar. Cairan dari hasil lumatan diteteskan pada permukaan refraktometer dan ditutup hingga muncul nilai brix pada alat (Ichwan

et al., 2018; Rongtong *et al.*, 2018). Perhitungan total padatan terlarut menggunakan Persamaan (4).

$$TPT = \frac{B \times V}{S} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

Di mana TPT adalah total padatan terlarut (%°Brix); B adalah tingkat brix sampel yang diencerkan; V adalah volume sampel yang diencerkan (ml); dan S adalah massa sampel (g).

Kekerasan

Pengujian kekerasan pada mangga Manalagi segar dan kering menggunakan alat *digital fruit hardness tester*. Luas permukaan probe 96.72 mm² dan berbentuk silinder.

Warna

Pengukuran warna pada hasil pengeringan mangga Manalagi menggunakan colorimeter. Metode pengukuran menggunakan koordinat *L*a*b*. Atribut *L** menunjukkan tingkat kecerahan dengan rentang 0-100 (hitam-putih). Atribut *a** menunjukkan warna percampuran hijau-merah, di mana memiliki rentang -80 hingga 80 (nilai negatif berarti hijau, nilai positif berarti merah). Atribut *b** menunjukkan warna percampuran biru-kuning, di mana memiliki rentang -70 hingga 70 (nilai negatif berarti biru, nilai positif berarti kuning).

Analisis Statistik

Data rata-rata kadar air, TPT, kekerasan, dan warna dianalisis statistik menggunakan ANOVA dua arah dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Perbedaan uji beda nyata menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%. Semua data dianalisis dengan bantuan perangkat lunak SPSS (*Statistical Package for Social Science*) versi 24. Semua data eksperimen dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Selain itu, data kadar air dilakukan pemodelan dengan mempertimbangkan uji ketepatan koefisien determinasi (*R*²), *Root Mean Square Error* (RMSE), dan *chi-square* (χ^2). Persamaan penentuan uji ketepatan seperti pada laporan Mugodo dan Workneh (2021) dan Shringi *et al.* (2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

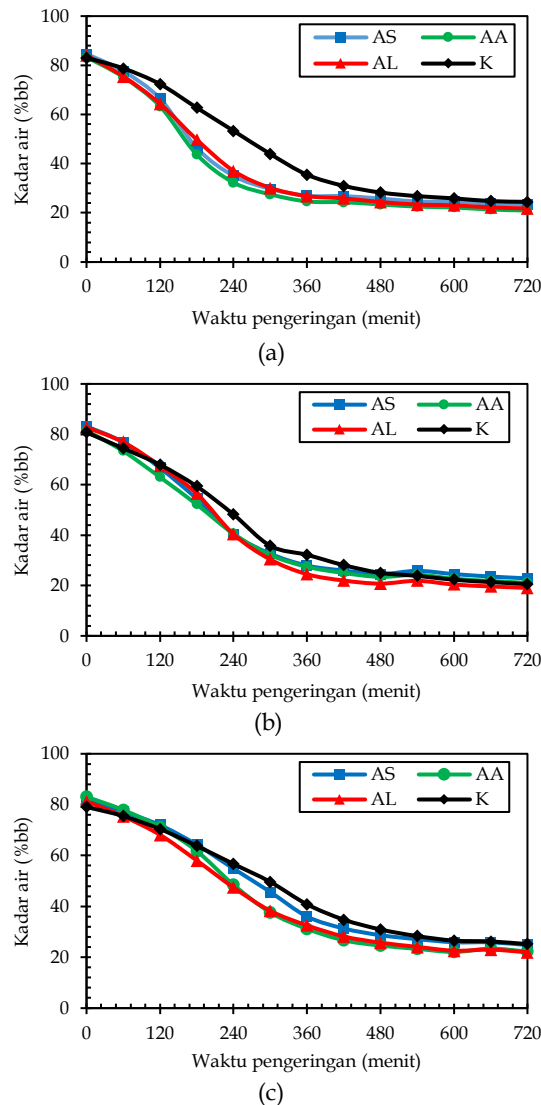
Kadar air yang diperoleh setelah proses pengeringan berada pada rentang 19,03%-25,17%bb. Proses pengeringan tersebut membutuhkan waktu selama 720 menit untuk mencapai kadar air keseimbangan. Perubahan kadar air pengeringan mangga Manalagi dengan variasi pra-perlakuan yang berbeda pada tekanan 200, 300, dan 400 mbar ditunjukkan pada Gambar 1. Kadar air terendah dan tertinggi terdapat pada pra-perlakuan air lemon, masing-masing sebesar 19,03%bb (300 mbar) dan 25,17%bb (400 mbar).

Analisis ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan faktor variasi tekanan dan pra-perlakuan berpengaruh signifikan terhadap perubahan kadar air pengeringan mangga Manalagi. Namun, perubahan kadar air mangga Manalagi kering tidak dipengaruhi oleh interaksi keduanya. Berdasarkan uji lanjut Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa tekanan 300 mbar berbeda nyata dengan tekanan 400 mbar. Bagaimanapun pra-perlakuan berbeda nyata dengan kontrol.

Perendaman menggunakan air lemon dapat mempengaruhi struktur bahan dan dapat mempercepat penguapan air selama proses pengeringan. Kandungan asam alami pada air lemon menyebabkan jaringan buah mangga melunak, sehingga memudahkan air untuk berdifusi selama proses pengeringan (Abano *et al.*, 2013). Tekanan yang lebih besar akan menyebabkan kondisi sekitar mesin pengering cenderung lembab dan dapat menghambat laju pengeringan. Penurunan tekanan menyebabkan kenaikan air yang diuapkan dengan rentang lama tertentu, mengakibatkan densitas udara semakin berkurang dan kadar air produk relatif rendah. Selama pengeringan, tekanan uap air ruang pengering dalam kondisi dibawah tekanan vakum, sehingga air dalam bahan menguap secara cepat akibat penurunan titik didih (Nusa, 2020).

Pemberian pra-perlakuan sebelum pengeringan akan mempercepat penurunan kadar air. Larutan asam dengan tekanan osmotik yang tinggi akan membantu proses pelepasan air selama proses dehidrasi

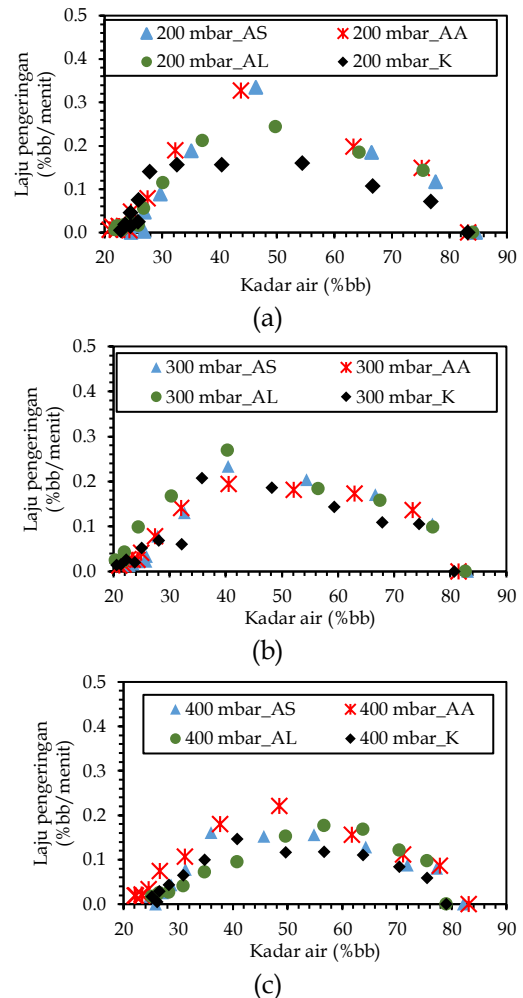
osmosis. Hal ini akan mempercepat proses penguapan air pada bahan ketika proses pengeringan berlangsung. Larutan asam dapat mempengaruhi jaringan buah yang dapat mendorong penguapan selama proses pengeringan (Dereje dan Abera 2020).



Gambar 1. Kadar Air Mangga Manalagi Selama Pengeringan Vakum; (a) 200 mbar; (b) 300 mbar; dan (c) 400 mbar (AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol)

Penurunan kadar air bahan dapat dipengaruhi oleh reaksi oksidasi pada bahan yang disebabkan penggunaan larutan asam. Kecepatan oksidasi sebanding dengan peningkatan suhu pengeringan (Fajarwati *et al.*, 2017). Fenomena ini juga pernah dilaporkan pada pengeringan vakum

varietas teh hijau daun gaharu (Nusa, 2020), bit (Mella *et al.*, 2022), dan jamur kancing (Hawa *et al.*, 2023).



Gambar 2. Laju Pengeringan Mangga Manalagi Selama Pengeringan Vakum: (a) 200 mbar; (b) 300 mbar; dan (c) 400 mbar (AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol)

Laju Pengeringan

Fenomena laju pengeringan vakum pada mangga Manalagi dengan tekanan dan pra-perlakuan fungsi kadar air terhadap laju pengeringan ditunjukkan pada Gambar 2. Selama pengeringan, mangga Manalagi mengalami penurunan kadar air akibat migrasi keluar dari bahan secara kontinyu hingga kondisi setimbang. Kurva menggambarkan periode laju menurun pertama (20-30 %bb), laju menurun kedua (30-40 %bb), laju konstan (40-75 %bb), dan perubahan fase awal (75-83 %bb).

Penggunaan pra-perlakuan sebelum pengeringan memberikan pengaruh yang cukup tinggi terhadap laju pengeringan dari pada kontrol. Perendaman menggunakan larutan asam sebelum pengeringan dapat dapat mendorong penguapan air selama proses pengeringan. Hal tersebut dikarenakan tekanan osmotik yang tinggi selama proses perendaman menyebabkan air yang terkandung dalam bahan dapat menguap ke lingkungan. Larutan asam yang digunakan tidak mudah hilang ketika proses pengeringan, sehingga dapat membantu mendorong laju penguapan air pada bahan. Identifikasi laju pengeringan menunjukkan bahwa kontrol memiliki laju pengeringan paling rendah, kemudian diikuti dengan perendaman asam askorbat, air lemon, dan asam sitrat secara berturut-turut.

Perlakuan tekanan 300 mbar memberikan laju pengeringan yang relatif tinggi, diikuti dengan tekanan 200 mbar, dan 400 mbar secara berturut-turut. Laju pengeringan dikorelasikan dengan perbedaan tekanan uap pada bahan (Purwanti *et al.*, 2017). Fenomena ini disebabkan oleh adanya pra-perlakuan dan tekanan, di mana titik didih air lebih rendah dan terjadi peningkatan difusi air ke permukaan. Selain itu, proses pengeringan

menyebabkan tekanan uap air menurun sehingga mempermudah molekul air untuk menguap. Laju pengeringan yang relatif tinggi pada tekanan tersebut disebabkan oleh morfologi buah dan proses penyerapan larutan asam selama proses pra-perlakuan.

Fenomena laju pengeringan sama halnya dengan yang dilaporkan oleh (Mugodo dan Workneh 2021) yang melakukan penelitian pada irisan mangga menggunakan metode pengeringan udara panas. Bahan-bahan pertanian lainnya juga dilaporkan memiliki kesamaan dengan penelitian ini seperti pada cabe puyang (Hawa *et al.*, 2021) dan singkong (Argo *et al.*, 2018).

Pemodelan Pengeringan

Kurva kinetika pengeringan dilakukan regresi non-linier terhadap 3 model matematis yang ditunjukkan pada Tabel 2 (200 mbar), Tabel 3 (300 mbar), dan Tabel 4 (400 mbar). Berdasarkan parameter uji ketepatan, Model Midilli menjadi model terbaik dalam memprediksi kinetika pengeringan buah mangga Manalagi dengan metode vakum pada kondisi tekanan dan pra-perlakuan. Model terpilih berdasarkan nilai R² tertinggi, RMSE dan χ^2 terkecil dari semua model matematis.

Tabel 2. Konstanta model pengeringan vakum mangga Manalagi pada tekanan 200 mbar

Model	Konstanta Model	R ²	RMSE	χ^2
Asam askorbat				
Page	k=7,813x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,808	0,9962	0,0244	0,0007
Modified Page	k=0,005; n=1,808	0,9962	0,0244	0,0007
Midilli	a=0,998; k=5,423x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,883; b=3,526x10 ⁻⁰⁵	0,9965	0,0203	0,0006
Air lemon				
Page	k=0,0002; n=1,649	0,9979	0,0173	0,0004
Modified Page	k=0,005; n=1,649	0,9979	0,0173	0,0004
Midilli	a=0,995; k=0,0001; n=1,714; b=2,492x10 ⁻⁰⁵	0,9981	0,0147	0,0003
Asam sitrat				
Page	k=4,727x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,896	0,9959	0,0256	0,0008
Modified Page	k=0,005; n=1,896	0,9959	0,0256	0,0008
Midilli	a=0,999; k=3,274x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,972; b=3,636x10 ⁻⁰⁵	0,9962	0,0214	0,0007
Kontrol				
Page	k=2,283x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,894	0,9994	0,0095	0,0001
Modified Page	k=0,004; n=1,894	0,9994	0,0095	0,0001
Midilli	a=0,988; k=1,746x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,939; b=2,543x10 ⁻⁰⁶	0,9994	0,0086	0,0001

Tabel 3. Konstanta model pengeringan vakum mangga Manalagi pada tekanan 300 mbar

Model	Konstanta Model	R ²	RMSE	χ ²
Asam askorbat				
Page	k=0,0002; n=1,586	0,9981	0,0158	0,0003
Modified Page	k=0,005; n=1,586	0,9981	0,0158	0,0003
Midilli	a=0,989; k=0,0001; n=1,660; b=2,2785x10 ⁻⁰⁵	0,9984	0,0138	0,0003
Air lemon				
Page	k=1,930x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,991	0,9977	0,0192	0,0004
Modified Page	k=0,004; n=1,991	0,9977	0,0192	0,0004
Midilli	a=0,982; k=9,858x10 ⁻⁰⁶ ; n=2,114; b=2,539x10 ⁻⁰⁵	0,9979	0,0162	0,0004
Asam sitrat				
Page	k=5,551x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,816	0,9979	0,0004	0,0182
Modified Page	k=0,005; n=1,816	0,9979	0,0182	0,0004
Midilli	a=0,991; k=3,421x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,909; b=3,094x10 ⁻⁰⁵	0,9983	0,0143	0,0003
Kontrol				
Page	k=5,967x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,736	0,9966	0,0207	0,0005
Modified Page	k=0,004; n=1,736	0,9966	0,0207	0,0005
Midilli	a=0,985; k=3,719x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,820; b=1,599x10 ⁻⁰⁵	0,9968	0,0198	0,0006

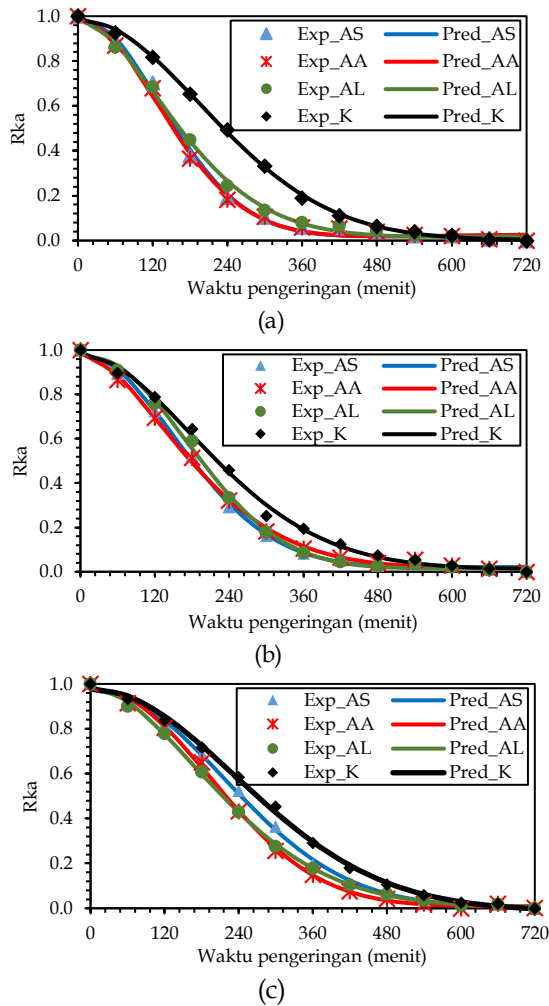
Tabel 4. Konstanta model pengeringan vakum mangga Manalagi pada tekanan 400 mbar

Model	Konstanta Model	R ²	RMSE	χ ²
Asam askorbat				
Page	k=1,467x ⁻⁰⁵ ; n=1,997	0,9987	0,0142	0,0002
Modified Page	k=0,004; n=1,999	0,9987	0,0142	0,0002
Midilli	a=0,9814; k=8,415x10 ⁻⁰⁶ ; n=2,096; b=1,164x10 ⁻⁰⁵	0,9988	0,0124	0,0002
Air lemon				
Page	k=6,594x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,727	0,9994	0,0092	0,0001
Modified Page	k=0,004; n=1,727	0,9994	0,0092	0,0001
Midilli	a=0,989; k=5,112x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,771; b=4,380x10 ⁻⁰⁶	0,9994	0,0085	0,0001
Asam sitrat				
Page	k=1,457x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,962	0,9981	0,0169	0,0003
Modified Page	k=0,003; n=1,963	0,9981	0,0169	0,0003
Midilli	a=0,974; k=7,097x10 ⁻⁰⁶ ; n=2,084; b=7,833x10 ⁻⁰⁶	0,9984	0,0144	0,0003
Kontrol				
Page	k=1,369x10 ⁻⁰⁵ ; n=1,938	0,9983	0,0159	0,0003
Modified Page	k=0,003; n=1,938	0,9983	0,0159	0,0003
Midilli	a=0,979; k=9,841x10 ⁻⁰⁶ ; n=1,986; b=-1,594x10 ⁻⁰⁵	0,9987	0,0128	0,0002

Model terbaik diilustrasikan pada Gambar 3, di mana garis mengindikasikan nilai prediksi model matematis dan simbol mengindikasikan data eksperimen pada penelitian ini. Selanjutnya, konstanta dan koefisien model terbaik dapat dilihat pada Tabel 2 (200 mbar), Tabel 3 (300 mbar), dan Tabel 4 (400 mbar). Model Midilli memberikan kurva matematis *sigmoid* yang mengindikasikan fase perubahan selama pengeringan vakum buah mangga Manalagi. Model Midilli mampu menunjukkan periode perubahan secara baik yang dimulai dari periode pemanasan awal, periode laju pengeringan tetap, kadar air kritis, dan periode laju menurun. Ditarik kesimpulan bahwa model terbaik semi teoritis yang

disebutkan (Argo *et al.*, 2018; Ertekin dan Firat, 2017) dapat digunakan untuk memprediksi kurva pengeringan vakum dari mangga Manalagi.

Model Midilli pernah dilaporkan menjadi model terbaik pada irisan mangga metode udara panas dan greenhouse (Mugodo dan Workneh, 2021) dan metode pengering kabinet (Ampah *et al.*, 2022). Namun, Sehwat *et al.* (2018) melaporkan bahwa model Page menjadi model terbaik pada metode pengeringan vakum suhu 60°C dalam bentuk mangga kotak. Norhadi *et al.* (2020) juga melaporkan bahwa model Page menjadi model terbaik untuk pengeringan oven.



Gambar 3. Hasil model Midilli untuk Pengeringan Vakum: (a) 200 mbar; (b) 300 mbar; dan (c) 400 mbar; (exp = eksperimen; pred = prediksi; AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol)

Total Padatan Terlarut

Total padatan terlarut pada mangga Manalagi segar sebesar 10% °Brix. Kemudian, total padatan terlarut mangga Manalagi setelah dikeringkan disajikan pada Tabel 5. Total padatan terlarut tertinggi terdapat pada pra-perlakuan asam sitrat (300 mbar), sedangkan total padatan terlarut terendah terdapat pada kontrol (200 mbar).

Penggunaan tekanan vakum memiliki pengaruh terhadap peningkatan nilai total padatan terlarut. Hasil ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan faktor variasi tekanan dan pra-perlakuan berpengaruh signifikan

terhadap perubahan total padatan terlarut mangga Manalagi kering. Interaksi kedua faktor tersebut juga berpengaruh terhadap perubahan total padatan terlarut mangga Manalagi kering. Uji lanjut Duncan dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa variasi tekanan dan pra-perlakuan berbeda nyata.

Tabel 5. TPT pada mangga Manalagi

Pra-perlakuan	%°Brix		
	200 mbar	300 mbar	400 mbar
AS	30,13 ^{cA}	31,24 ^{cB}	28,98 ^{cB}
AA	27,03 ^{cA}	30,60 ^{cB}	29,09 ^{cB}
AL	23,59 ^{bA}	26,38 ^{bB}	28,73 ^{bB}
K	21,41 ^{aA}	22,85 ^{aB}	28,33 ^{aB}

* Nilai rata-rata (n=3) dengan simbol kecil antar baris berbeda nyata ($p < 0,05$) dan simbol huruf besar antar kolom berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Duncan. AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol.

Total padatan terlarut berhubungan dengan penurunan kadar air pada buah. Sebagian besar total padatan pada buah didominasi oleh asam dan gula. Proses pemanasan selama pengeringan akan meningkatkan kelarutan gula maupun asam yang terkandung, sehingga total padatan terlarut semakin meningkat (Yunita dan Rahmawati, 2015). Selain itu, perbedaan kenaikan konsentrasi larutan pada bahan dan larutan asam akan mengakibatkan penurunan air pada bahan, sehingga larutan perendaman masuk ke dalam bahan dan dapat meningkatkan total padatan terlarut pada bahan.

Perendaman menggunakan larutan dengan konsentrasi tinggi mengakibatkan kenaikan difusi. Fenomena ini juga mengakibatkan perpindahan massa gula dari air ke bahan. Ketika pori-pori permukaan bahan membuka lebar maka jumlah air yang menguap akan semakin banyak dan berpengaruh terhadap perubahan total padatan terlarut (Magdalena *et al.*, 2014).

Kekerasan

Data kekerasan mangga Manalagi kering disajikan pada Tabel 6. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada mangga Manalagi kering menggunakan pra-perlakuan asam sitrat pada tekanan 400

mbar, sebesar 20,82 kgf. Nilai kekerasan terendah pada kontrol untuk tekanan 300 mbar. Secara umum, kekerasan dipengaruhi oleh parameter transfer kadar air yang terkandung pada bahan (Ran *et al.*, 2023).

Tabel 6. Nilai kekerasan pada mangga Manalagi

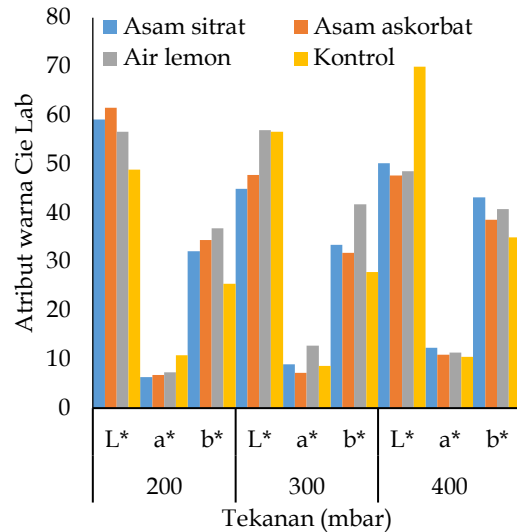
Pra-perlakuan	Kekerasan (kgf)		
	200 mbar	300 mbar	400 mbar
AS	16.78 ^{bA}	11.96 ^{bB}	17.87 ^{bC}
AA	13.51 ^{bA}	11.01 ^{bB}	20.82 ^{bC}
AL	16.55 ^{bA}	15.49 ^{bB}	17.37 ^{bC}
K	10.37 ^{aA}	9.59 ^{aB}	14.71 ^{aC}

* Nilai rata-rata (n=3) dengan simbol kecil antar baris berbeda nyata ($p < 0,05$) dan simbol huruf besar antar kolom berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Duncan. AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol.

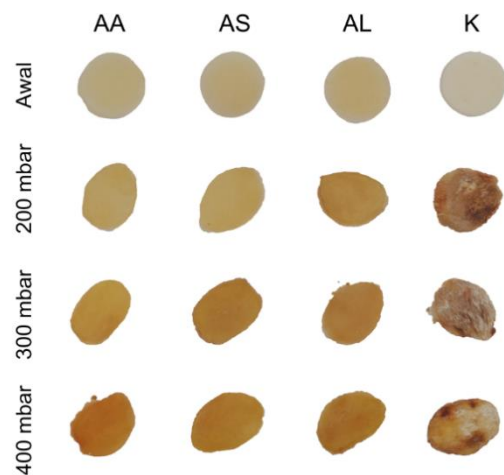
Berdasarkan hasil ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95%, faktor variasi tekanan dan pra-perlakuan berpengaruh signifikan terhadap perubahan kekerasan mangga Manalagi kering. Namun, interaksi kedua faktor tersebut tidak menunjukkan pengaruh terhadap perubahan kekerasan mangga Manalagi kering. Berdasarkan uji lanjut Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%, faktor pra-perlakuan berbeda nyata dengan kontrol. Bagaimanapun, variasi tekanan memberikan pengaruh beda nyata.

Fenomena kenaikan kekerasan pada pra-perlakuan dibandingkan dengan tanpa pra-perlakuan diakibatkan oleh pengaruh konsentrasi larutan osmotik yang digunakan (Macedo *et al.*, 2021). Selain itu, pra-perlakuan memberikan pengaruh lebih porus atau berpori setelah pengeringan yang mengakibatkan kadar air bahan lebih rendah (Hawa *et al.*, 2023; Jiang *et al.*, 2015). Pengaruh ini mengakibatkan kekerasan semakin meningkat.

Tekanan ruang yang rendah dan perpindahan panas yang lebih cepat berpengaruh terhadap sampel. Hal tersebut menyebabkan adanya air yang menguap sehingga permukaan buah menjadi keras. Adanya variasi tekanan tersebut membuat tingkat kekerasan pada setiap variasi tekanan berbeda-beda (Nimmanpipug dan Therdtthai, 2013).



Gambar 4. Atribut Warna Cie Lab pada Mangga Manalagi Kering



Gambar 5. Perbandingan Visualisasi Warna Mangga Manalagi antara Sebelum dan Setelah Pengeringan Vakum 200, 300, dan 400 mbar (AA = asam askorbat; AS = asam sitrat; AL = air lemon; dan K = kontrol)

Atribut Warna Cie Lab

Terdapat perubahan visualisasi mangga Manalagi selama pengeringan. Hasil analisis perubahan mangga Manalagi kering dapat dilihat pada Gambar 4. Data pengamatan menunjukkan bahwa semua sampel cenderung mengalami penurunan L*, kenaikan a*, dan kenaikan b* seiring kenaikan tekanan vakum. Pemberian pra-perlakuan menjadikan tingkat kecerahan yang lebih gelap dibandingkan dengan kontrol. Mangga kontrol memiliki nilai kemerahan (a*) dan kekuningan (b*) yang cenderung lebih rendah dibandingkan

dengan mangga dengan pra-perlakuan. Hal ini secara visualisasi dapat dilihat pada Gambar 5.

Hasil analisis data ANOVA dengan tingkat kepercayaan 95% menunjukkan variasi tekanan vakum maupun pra-perlakuan berpengaruh signifikan terhadap perubahan L^* , a^* , dan b^* . Interaksi kedua faktor tersebut juga berpengaruh nyata. Uji lanjut Duncan dengan tingkat kepercayaan 5% menginformasikan bahwa variasi tekanan dan pra-perlakuan berbeda nyata.

Ariani *et al.* (2019) melaporkan bahwa tingkat kecerahan dapat menurun akibat adanya proses pemanasan. Pemanasan dapat menyebabkan karamelisasi dan pencoklatan selama pengeringan (Ran *et al.*, 2023). Penggunaan larutan asam dan blansing sebelum pengeringan mengakibatkan inaktivasi enzim penyebab adanya pencoklatan yang dapat menurunkan kemerahan (Nimmanpipug dan Therdthai, 2013). Kenaikan kekuningan menunjukkan adanya retensi warna kuning yang dihasilkan selama proses pengeringan yang cukup tinggi. Intensitas tingkat kekuningan memiliki korelasi yang kuat dengan kandungan karotenoid pada buah (Le dan Konsue, 2021).

SIMPULAN

Berdasarkan variasi tekanan vakum dan pra-perlakuan menunjukkan bahwa perubahan penurunan kadar air dan laju pengeringan tercepat hingga mencapai kadar air kesetimbangan adalah penggunaan air lemon. Variasi tekanan berpengaruh nyata terhadap perubahan kadar air dan laju pengeringan mangga Manalagi kering. Variasi pra-perlakuan menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan total padatan terlarut, kekerasan, dan atribut warna Cie Lab pada semua variasi tekanan vakum jika dibandingkan dengan kontrol. Warna mangga Manalagi kering terbaik diperoleh pada pra-perlakuan menggunakan asam askorbat pada tekanan 200 dan 300 mbar dan pra-perlakuan asam sitrat pada tekanan 400 mbar. Selain itu, model Midilli menjadi model terbaik dalam memprediksi

fenomena pengeringan berdasarkan uji ketepatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abano, E, -E., Sam-Amoah, L, -K., Owusu, -J., Engmann, F, -N., 2013. Effects of ascorbic acid, salt, lemon juice, and honey on drying kinetics and sensory characteristic of dried mango. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 5(1), 1-10.
<https://hrcak.srce.hr/106156>
- Adepoju, L, -A., Osunde, Z, -D., 2017. Effect of pretreatments and drying methods on some qualities of dried mango (*Mangifera Indica*) fruit." *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* 19(1), 187-94.
<https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/3877>
- Alaei, -B., Chayjan, R, -A., 2015. Drying characteristics of pomegranate arils under near infrared-vacuum conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(5), 469-479.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12252>
- Ampah, -J., Dzisi, K, -A., Addo, -A., Bart-Plange, -A., 2022. Drying kinetics and chemical properties of mango. *International Journal of Food Science*, 2022, 1-13.
<https://doi.org/10.1155/2022/6243228>
- Argo, B, -D., Sandra., Ubaidillah., 2018. Mathematical modeling on the thin layer drying kinetics of cassava chips in a multipurpose convective-type tray dryer heated by a gas burner. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 32(7), 3427-3435.
<https://doi.org/10.1007/s12206-018-0646-2>
- Ariani, -Y., Bintoro, -N., Karyadi, J, N, -W., 2019. Kinetika perubahan kualitas fisik buah mangga selama pengeringan beku dengan perlakuan pendinginan awal dan

- ketebalan irisan." *AgriTECH*, 39(4), 298-305
<https://doi.org/10.22146/agritech.42599>.
- Chayjan, R, -A., Dibagar, -N., Alaei, -B., 2017. Drying characteristics of zucchini slices under periodic infrared-microwave vacuum conditions. *Heat and Mass Transfer* 53(12), 3473-3485.
<https://doi.org/10.1007/s00231-017-2081-9>.
- Dereje, -B., Abera, -S., 2020. Effect of pretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica L.*) Slices. *Cogent Food and Agriculture*, 6(1), 1-24.
<https://doi.org/10.1080/2331193.2.2020.1747961>.
- Doymaz, -I., 2014. Drying kinetics and rehydration characteristics of convective hot-air dried white button mushroom slices. *Journal of Chemistry*, 2014, 1-8.
<https://doi.org/10.1155/2014/453175>.
- Erbay, -Z., Icier, -F., 2010. A review of thin layer drying of foods: Theory, modeling, and experimental results. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 441-464.
<https://doi.org/10.1080/10408390802437063>.
- Ertekin, -C., Firat, M, -Z., 2017. A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(4), 701-717.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2014.910493>.
- Fan, -K., Zhang, -M., Bhandari, -B., 2019. Osmotic-ultrasound dehydration pretreatment improves moisture adsorption isotherms and water state of microwave-assisted vacuum fried purple-fleshed sweet potato slices. *Food and Bioproducts Processing*, 115, 154-164.
<https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.03.011>.
- Fajarwati, N, -H., Parnanto, N, H, -R., Manuhara, G, -J., 2017. Pengaruh konsentrasi asam sitrat dan suhu pengeringan terhadap karakteristik fisik, kimia dan sensoris manisan kering labu siam (*Sechium Edule Sw.*) dengan pemanfaatan pewarna alami dari ekstrak rosela ungu (*Hibiscus Sabdariffa L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*. 10(1), 50-66.
<https://doi.org/10.20961/jthp.v10i1.17494>
- Haddarah, -A., Naim, -E., Dankar, -I., Sepulcre, -F., Pujolà, -M., Chkeir, -M., 2021. The effect of borage, ginger and fennel extracts on acrylamide formation in french fries in deep and electric air frying. *Food Chemistry*, 350, 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129060>.
- Hawa, L, -C., Ali, S, -B., Fujii, -S., Yoshimoto, -N., Yamamoto, -S., 2014. Drying rates and desorption isotherms of lemon juice. *Japan Journal of Food Engineering* 15(2), 105-108.
<https://doi.org/10.11301/jsfe.15.105>.
- Hawa, L, -C., Efendi, -M., Habibah, -H., 2023. Vacuum application with water jet technology in drying button mushrooms (*Agaricus Bisporus*). 11(1), 84-96.
<https://doi.org/10.13189/fst.2023.110109>.
- Hawa, L, -C., Ubaidillah., Mardiyani, S, -A., Laily, A, -N., Yosika, N, I, W., Afifah, F, -N., 2021. Drying kinetics of cabya (*Piper Retrofractum Vahl*) fruit as affected by hot water blanching under indirect forced convection solar dryer. *Solar Energy*, 214(2020), 588-598.
<https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.12.004>.
- Ichwan, -M., Dewi, I, -A., Muharom, Z, -S., 2018. Klasifikasi support vector machine (SVM) untuk menentukan tingkat kemanisan mangga berdasarkan fitur warna. *MIND Journal*, 3(2), 16-23.

- <https://doi.org/10.26760/mindjournal.v3i2.16-23>.
- Jiang, -N., Liu, -C., Li, -D., and Zhou, -Y., 2015. Effect of blanching on the dielectric properties and microwave vacuum drying behavior of agaricus bisporus slices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 30, 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.05.001>.
- Le, -D., Konsue, -N., 2021. Mass transfer behavior during osmotic dehydration and vacuum impregnation of ‘phulae’ pineapple and the effects on dried fruit quality. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 9(1), 308–319. <https://doi.org/10.12944/CRNF.SJ.9.1.29>.
- Lin, -X., Xu, -J, -L., Sun., D, -W., 2019. “Investigation of moisture content uniformity of microwave-vacuum dried mushroom (*Agaricus Bisporus*) by NIR hyperspectral imaging. *LWT*, 109, 108–117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.034>.
- Macedo, L, -L., Araújo, C, -S., Vimercati, W, -C., Saraiva, S, -H., Teixeira, L, J, -Q., 2021. Influence of yacon syrup concentration and drying air temperature on properties of osmotically pre-dehydrated dried banana. *Heat and Mass Transfer/Waerme- Und Stoffuebertragung*, 57(3), 441–451. <https://doi.org/10.1007/s00231-020-02966-y>.
- Magdalena, A., Waluyo, S., Sugianti, C. 2014. *Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Larutan Gula terhadap Proses Dehidrasi Osmosis Buah Walu (Curcubita Moschata)*. Skripsi, Universitas Lampung, Lampung.
- Mella, -C., Vega-Gálvez, -A., Uribe, -E., Pasten, -A., Mejias, -N., Quispe-Fuentes, -I., 2022. Impact of vacuum drying on drying characteristics and functional properties of beetroot (*Beta Vulgaris*). *Applied Food Research* 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.26858/jptp.v3i2.5524>
- Mugodo, -K., Workneh, T, -S., 2021. The kinetics of thin-layer drying and modelling for mango slices and the influence of differing hot-air drying methods on quality. *Heliyon*, 7(6), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07182>.
- Nimmanpipug, -N., Therdthai, -N., 2013. Effect of osmotic dehydration time on hot air drying and microwave vacuum drying of papaya. *Food and Applied Bioscience Journal*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.14456/fabj.2013.1>
- Norhadi, -N., Akhir, A, -M., Rosli, N, -R., Mulana, -F., 2020. Drying kinetics of mango fruit using tray and oven dryer. *Malaysian Journal of Chemical Engineering and Technology*, 3(2), 51–59. <https://doi.org/10.24191/mjct.v3i2.10965>
- Nusa, -I., 2020. Karakteristik teh hijau daun gaharu hasil pengeringan vakum. *Agrintech: Jurnal Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*, 3(2), 73–79. <https://doi.org/10.30596/agrintech.v3i2.6645>
- Parikh, D, -M., 2015. Vacuum drying: Basics and application.” *Chemical Engineering*, 122(4), 48–54. <https://www.proquest.com/docview/1672755803/fulltextPDF/3313B1F9145D428APQ/1?accountid=46437&sourcetype=Trade%20Journals>
- Purwanti, -M., Jamaluddin, -P., Kadirman, -K., 2017. Penguapan air dan penyusutan irisan ubi kayu selama proses pengeringan menggunakan mesin cabinet dryer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 3(2), 127–136. <https://doi.org/10.26858/jptp.v3i2.5524>
- Ran, -X., Lin, -D., Zheng, -L., Li, -Y., Yang, -H., 2023. Kinetic modelling of the

- mass and heat transfer of a plant-based fishball alternative during deep-fat frying and air frying and the changes in physicochemical properties. *Journal of Food Engineering*, 350, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111457>.
- Rongtong, -B., Suwonsichon, -T., Ritthiruangdej, -P., Kasemsumran, -S., 2018. Determination of water activity, total soluble solids and moisture, sucrose, glucose and fructose contents in osmotically dehydrated papaya using near-infrared spectroscopy. *Agriculture and Natural Resources*, 52(6), 557-564. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.11.023>.
- Rozana., Hasbullah, -R., and Muhandri, -T., 2016. Respon suhu pada laju pengeringan dan mutu manisan mangga kering (*Mangifera Indica L.*). *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 4(1), 59-66. <https://doi.org/10.19028/jtep.04.1.1.25p>
- Sarpong, -F., Yu, -X., Zhou, -C., Hongpeng, Y., Uzoejinwa, B, B., Bai, -J., Wu, -B., Ma, H., 2018. Influence of anti-browning agent pretreatment on drying kinetics, enzymes inactivation and other qualities of dried banana (*Musa Ssp.*) under relative humidity-convective air dryer. *Journal of Food Measurement and Characterization* 12(2), 1229-1241. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9737-0>.
- Sehrawat, -R., Nema, P, K., and Kaur, B, P., 2018. Quality evaluation and drying characteristics of mango cubes dried using low-pressure superheated steam, vacuum and hot air drying methods. *LWT*, 92, 548-555. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.012>.
- Shringi, -V., Kothari, -S., Panwar, N, -L., 2014. Experimental investigation of drying of garlic clove in solar dryer using phase change material as energy storage. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 118(1), 533-539. <https://doi.org/10.1007/s10973-014-3991-0>.
- Sulistiyawati, -I., Dekker, -M., Fogliano, -V., Verkerk, -R., 2018. Osmotic dehydration of mango: Effect of vacuum impregnation, high pressure, pectin methylesterase and ripeness on quality. *Lwt* 98, 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.08.032>.
- Suna, -S., 2019. Effects of Hot air, microwave and vacuum drying on drying characteristics and in vitro bioaccessibility of medlar fruit leather (Pestil). *Food Science and Biotechnology*, 28(5), 1465-1474. <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00588-7>.
- Tarafdar, -A., Jothi, -N., Kaur, B, -P., 2021. "Mathematical and artificial neural network modeling for vacuum drying kinetics of *Moringa Olifera* leaves followed by determination of energy consumption and mass transfer parameters. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 24(2021), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100306>.
- Wilyanti, -W., Kurniasari, F, -N., Harti, L, -B., 2019. Pengaruh Seduhan Tepung Kulit Mangga Manalagi (*Mangifera Indica L.*) terhadap Kadar MDA pada Tikus. *Jurnal Kedokteran Brawijaya*, 30(4), 235-239. <https://doi.org/10.21776/ub.jkb.2019.030.04.1>.
- Yosika, N, I, -W., Hawa, L, -C., Hendrawan, -Y., 2020. Karakteristik pengeringan cabai puyang (*Piper Retrofractum Vahl.*) menggunakan pengeringan alami (open sun drying). *Jurnal Teknologi Pertanian* 21(3), 165-174. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.03.3>

Yunita., Mulya., Rahmawati, R., 2015.
Pengaruh lama pengeringan
terhadap mutu manisan kering
buah carica (*Carica*

Candamarcensis). *Jurnal Konversi*
4(2), 17-28.
[https://doi.org/10.24853/konver
si.4.2.17-28](https://doi.org/10.24853/konversi.4.2.17-28)