



## Pengaruh pra-perlakuan osmotik dalam pengeringan terhadap karakteristik buah kering: meta analisis

Tri Yulni\*, Waqif Agusta, Mohammad Nafila Alfa, Astuti, Tantry Eko Putri Mariastuty, Herdiarti Destika Hermansyah, Lusiana Kresnawati Hartono, Primawati Yenni Fauziah, Dian Anggraeni, Meivie Meiske Jetty Lintang

*Pusat Riset Agroindustri, Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, BRIN, Bogor, Indonesia*

### Article history

*Diterima:*

12 Juni 2023

*Diperbaiki:*

28 Agustus 2023

*Disetujui:*

4 September 2023

### Keyword

*Concentration;*

*dried fruit;*

*drying method;*

*osmotic agent*

### ABSTRACT

*Osmotic pretreatment is commonly used in drying to preserve the quality of dried fruit. Several studies have been conducted to evaluate the impact of osmotic pretreatment on the quality of dried food, but, these evaluations have mainly been qualitative and have relied heavily on the author's. A meta-analysis was performed in this work to investigate the osmotic pretreatment effect on the properties of dried fruit, such as water activity, moisture content, crispness, and hardness. The Scopus database yielded 2832 potential references, of which 13 met the criteria for meta-analysis. Subgroup analysis on the type of fruit, osmotic agent, concentration, drying method, and temperature was performed to ascertain the influence of moderator variables on the evaluated fruit's characteristics. The data collection and statistical analysis were both done with the OpenMEE software. According to the findings, osmotic pretreatment significantly affected the product's water activity, moisture content, and crispness. Still, it had no such impact on the hardness of the product. In the analysis subgroup, all types of fruit, solution concentration, drying method, and temperature increased water activity, decreased water content, and improved crispness. Meanwhile, it was determined that each fruit's hardness varied depending on the type of fruit, solution concentration, drying method, and temperature. Except for xylitol, all osmotic agents increased water activity. Sucrose and stachyose affect moisture content and hardness differently. Sucrose can enhance crispness. Although osmotic pretreatment improved the characteristics of dried fruit (moisture content and crispness), it negatively influenced water activity, as was concluded. The moderator variable influences the characteristics of dried fruit.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email : triy020@brin.go.id

DOI 10.21107/agrointek.v18i4.20425

## PENDAHULUAN

Kadar air buah yang tinggi mengakibatkan komoditas pertanian ini mudah mengalami pembusukan. Pengeringan merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menurunkan kadar air dan aktivitas air sehingga dapat menghambat proses pembusukan (Onwude et al. 2017). Di sisi lain, pengeringan menyebabkan penurunan mutu pada buah yang dikeringkan.

Berbagai *pra-perlakuan* dilakukan untuk meminimalkan penurunan mutu yang terjadi selama pengeringan, baik *thermal* maupun *non-thermal* (Pu and Sun 2017, Deng 2019, Bassey et al. 2021). Osmotik merupakan salah satu *pra-perlakuan non-thermal* yang dapat mempertahankan mutu dengan menempatkan makanan seperti buah-buahan dan sayuran ke dalam larutan padat terlarut pekat yang memiliki tekanan osmotik lebih tinggi dan aktivitas air lebih rendah (Shete et al. 2018). Ahmed et al. (Ahmed et al. 2016) merangkum penelitian terkait *pra-perlakuan osmotik*, menyatakan bahwa *pra-perlakuan* ini dapat meminimalkan kerusakan termal pada nutrisi dan menghambat pencoklatan enzimatis. *Pra-perlakuan osmotik* meningkatkan perpindahan massa dan mempertahankan karakteristik nutrisi dan tekstur dari produk kering (Osae et al. 2020). Kesimpulan ini juga didukung oleh Chavan dan Amarowicz (Chavan and Amarowicz 2012) yang menyatakan bahwa pengeringan osmotik dapat meningkatkan tekstur produk yang dikeringkan.

Studi ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *pra-perlakuan osmotik* terhadap aktivitas air, kadar air, dan tekstur (kekerasan dan kerenyahan) pada buah kering dengan menggunakan pendekatan meta analisis. Beberapa kajian (*review*) pengaruh *pra-perlakuan osmotik* telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Tortoe 2010, Yadav and Singh 2014, Ahmed et al. 2016, Landim et al. 2016, Shete et al. 2018, Osae et al. 2020, Pandiselvam et al. 2022). Namun, tidak dilakukan secara kuantitatif, hanya berdasarkan pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu perlu dilakukan *review* secara kuantitatif untuk menghasilkan kesimpulan yang tidak bersifat subjektif terkait pengaruh *pra-perlakuan osmotik*.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh *pra-perlakuan osmotik* terhadap aktivitas air, kadar air, dan tekstur buah kering.

Studi yang dikumpulkan diambil pada periode 2000 hingga 2022. Hasil dari studi ini diharapkan dapat memberikan referensi ilmiah baru secara kuantitatif terkait pengaruh *pra-perlakuan osmotik* dalam pengeringan.

## METODE

### Sumber Data dan Kriteria Seleksi

Pencarian literatur dilakukan pada studi yang mengevaluasi pengaruh *pra-perlakuan osmotik* terhadap karakteristik buah kering yang diambil dari Scopus (<https://www.scopus.com>) pada Desember 2022 dengan rentang waktu 2000 hingga 2022. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi: "drying", "pretreatment", atau "pre-treatment" dengan pembatasan pada artikel berbentuk jurnal dalam bahasa inggris.

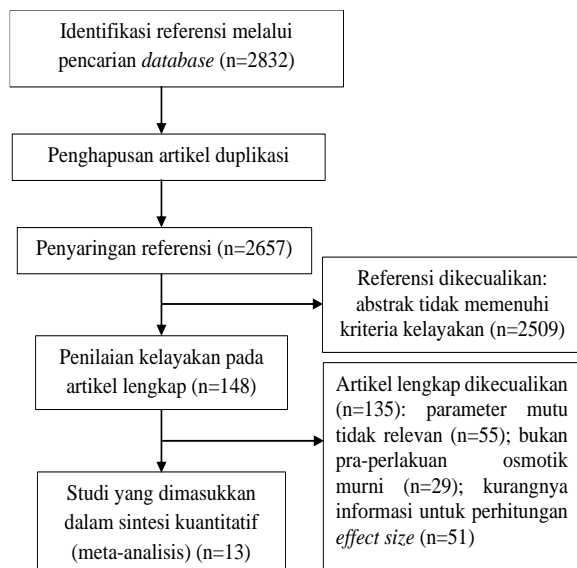
*Systematic review* dilakukan untuk mengurangi bias dan memastikan kualitas dari meta analisis dengan menggunakan protokol *preferred reporting items for systematic review and meta-analysis* (PRISMA) (Liberati et al. 2009). Beberapa kriteria ditentukan untuk menyeleksi literatur, yaitu: artikel diterbitkan dalam bentuk jurnal berbahasa inggris, langsung membandingkan antara kontrol (tanpa *pra-perlakuan*) dan dengan *pra-perlakuan osmotik*, mendeklarasikan "osmotik", komoditas yang dikeringkan berupa buah, serta *pra-perlakuan osmotik* harus murni (konvensional) tanpa campuran *pra-perlakuan* lain.

Sebanyak 148 artikel yang memenuhi kriteria diunduh untuk kemudian di-*review* secara penuh. Terdapat 135 artikel dieliminasi karena parameter mutu tidak relevan (55 artikel), bukan *pra-perlakuan osmotik* murni (29 artikel), dan kurangnya informasi untuk perhitungan *effect size* (51 artikel). Artikel terakhir yang terpilih dari penyaringan adalah 13 artikel yang selanjutnya dilakukan sintesis data dan analisis statistika. Prosedur seleksi literatur berdasarkan PRISMA yang merangkum detail pencarian artikel dapat dilihat pada Gambar 1.

### Sintesis Data

Informasi yang diekstraksi meliputi moderator variabel dan rangkuman statistik. Moderator variabel yang diekstrak, meliputi: jenis buah, zat osmotik yang digunakan, konsentrasi larutan, metode pengeringan, dan suhu pengeringan. Sedangkan rangkuman statistik yang digunakan berupa nilai rata-rata, standar deviasi,

dan ukuran sampel kontrol dan pra-perlakuan dengan satuan pengukurannya dihomogenkan untuk masing-masing parameter yang dievaluasi. Data berupa histogram dan grafik diekstraksi menggunakan bantuan WebPlotDigitizer yang dapat diakses pada <https://apps.automeris.io/wpd/>.



Gambar 1 Diagram alir pencarian dan seleksi artikel berdasarkan PRISMA

### Analisis Statistika

Meta analisis dilakukan menggunakan metode *Hedges'd* untuk menentukan *effect size* berdasarkan perbedaan rata-rata (*mean*) antara buah kering tanpa pra-perlakuan dan dengan pra-perlakuan osmotik dalam bentuk *standardized mean differences* (SMD) dengan selang kepercayaan (CI) 95%. Metode ini digunakan dalam penentuan *effect size* sebab metode ini mampu menghitung *effect size* dengan mengecualikan satuan pengukuran sampel, keragaman, ukuran sampel, dan hasil uji statistik (Sanchez-Meca and Marin-Martinez 2010).

SMD juga dikalkulasi dengan mempertimbangkan subgrup dari beberapa moderator variabel (jenis buah, zat osmotik yang digunakan, konsentrasi larutan, metode pengeringan, dan suhu pengeringan) dengan melakukan analisis subgrup. Hal ini dilakukan untuk melihat pengaruh variabel terhadap besarnya intervensi pra-perlakuan osmotik terhadap hasil pengukuran. Pada analisis subgrup, studi yang diikutsertakan dalam meta analisis adalah studi yang memiliki minimal tiga pembanding ( $n^c \geq 3$ ) (Ogbuewu and Mbajiorgu

2023). Nilai SMD dianggap signifikan ( $P < 0.05$ ) apabila angka 0 tidak berada diantara nilai *lower* dan *upper* dalam selang kepercayaan 95%. Sedangkan sumber heterogenitas dievaluasi menggunakan  $Q_M$  dan  $I^2$  (Higgins and Thompson 2002). Semua perhitungan dilakukan menggunakan Software OpenMEE (Wallace et al. 2017).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinjauan Studi yang Digunakan dalam Meta Analisis

Berdasarkan pencarian pada database Scopus ditemukan 2832 referensi potensial. Tiga belas studi yang memenuhi kriteria seleksi digunakan dalam meta analisis, dimana studi dipublikasikan pada rentang 2013 hingga 2022. Hasil ekstraksi data dari studi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan rangkuman hasil sintesis karakteristik buah kering dengan pra-perlakuan osmotik dan kontrol dapat dilihat pada Tabel 2.

### Pengaruh Pra-perlakuan Osmotik terhadap Karakteristik Buah Kering

Pra-perlakuan pengeringan dengan osmotik banyak dilakukan pada buah-buahan (Sereno et al. 2001). Beberapa *review* pengaruh pra-perlakuan osmotik telah banyak dilakukan, namun studi ini merupakan *review* pertama dengan menggunakan meta analisis untuk mengetahui pengaruh pra-perlakuan osmotik terhadap aktivitas air, kadar air, dan tekstur buah kering.

Aktivitas air ( $A_w$ ) meningkat signifikan ( $P < 0.05$ ) dengan adanya pra-perlakuan osmotik dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Kehadiran larutan osmotik selama pra-perlakuan meningkatkan aktivitas air (Chandra et al. 2020). Selama proses osmotik, terjadi penggabungan padatan yang mengubah komposisi dan struktur bahan sehingga mempengaruhi fugasitas air dan berakibat pada peningkatan  $A_w$  (Damodaran 2017). Meningkatnya aktivitas air menyebabkan potensi berkembangnya bakteri patogen, namun pada nilai  $A_w$  yang masih di bawah 0.95, perkembangannya dapat dicegah (Matuska et al. 2006).

Pra-perlakuan osmotik menyebabkan kadar air menurun signifikan ( $P < 0.05$ ) dibandingkan dengan kontrol. Sifat bahan yang semi permeabel dan ukuran molekul air yang kecil menyebabkan aliran air keluar dari bahan lebih besar dibandingkan zat terlarut yang masuk dari larutan

osmotik, sehingga kadar air akan terus menurun terhadap waktu sampai kondisi kesetimbangan tercapai (Bekele and Ramaswamy 2010, Ciurzyńska et al. 2016). Hal ini mengakibatkan berat bahan akan menurun hingga 50% dengan pra-perlakuan osmotik (Rastogi and Raghavarao 1997, Yadav and Singh 2014).

Kerenyahan meningkat signifikan ( $P < 0.05$ ) dengan adanya pra-perlakuan osmotik. Kerenyahan yang tinggi lebih disukai oleh konsumen untuk produk *snack* seperti keripik (Kayacier and Singh 2003). Kristalisasi sakarida memperkuat struktur berpori kaku yang dapat berperan dalam meningkatkan kerenyahan (Xiao et al. 2018).

Hanya kekerasan yang tidak dipengaruhi secara nyata ( $P > 0.05$ ) dengan adanya pra-perlakuan osmotik, meskipun nilainya menurun. Penurunan kekerasan terjadi karena proses osmosis oleh agen osmotik ke dalam jaringan dapat menghasilkan kerangka polisakarida dan membentuk lapisan pelindung pada permukaan sehingga tingkat keruntuhan sel dan pori menurun, serta ketangguhan dinding pori produk meningkat

(Li et al. 2019). Produk *snack* yang memiliki kekerasan lebih rendah, lebih disukai konsumen (Pravitha et al. 2021). Pra-perlakuan osmotik umumnya meningkatkan pelunakan pada buah kering (Torreggiani and Bertolo 2001), sehingga kekerasan menurun.

#### Analisis Subgrup: Pengaruh Moderator Variabel terhadap Karakteristik Buah Kering

Rentang selang kepercayaan yang lebar terjadi karena adanya heterogenitas dalam data yang diekstrak dari studi yang digunakan (Kurniasari et al. 2022). Hal ini dapat dilihat dari besarnya nilai  $Q_M$  dan  $I^2$  (Tabel 2). Heterogenitas ini dapat disebabkan dari perbedaan jenis buah, konsentrasi dan jenis larutan, serta suhu dan metode pengeringan yang digunakan. Untuk itu dilakukan analisis subgrup pada variabel moderator berupa jenis buah, agen osmotik, konsentrasi larutan, suhu dan metode pengeringan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel moderator terhadap kualitas buah kering.

Tabel 1 Hasil ekstraksi data yang digunakan dalam meta analisis

Buah	Agen osmotik	Konsentrasi (%)	Metode Pengeringan	Suhu (°C)	Parameter	Referensi
Tomat	S	50, 70	C	70	4	(An et al. 2013)
Tin	G, Ck, A, N	60	C	50, 60, 70	4	(Andreou et al. 2021)
Pepaya	S	25	C	60	1, 2, 4	(Chandra et al. 2020)
Apel	E, S, X	30, 50	C, MV, C-MV	70	1	(Cichowska-Bogusz et al. 2020)
Jambu biji	S	35, 70	C	70	4	(Kek et al. 2013)
Quince	S, CJ, AJ, CJ-S	65.1, 70, 70.3	C, MV, F	60, -40	1	(Kowalska et al. 2020)
Apel	MD, MCC	10, 2	C, C-ICPD	80, 95, 60	3, 4	(Li et al. 2019)
Peach	S	10, 30, 50	F	60	3, 4	(Lyu et al. 2017)
Stroberi	I	35	C	60	1, 4	(Macedo et al. 2021)
Waluh	Gl, T, GO, A, N, CC	65.5	C	60	4	(Paraskevopoulou et al. 2022)
Apel	S	60	MV	50	2	(Wang et al. 2019)
Apel	F, G, S, Ma, R, St	40	ICPD	90-95-70	2, 3, 4	(Xiao et al. 2018)
Mangga	S	65	C	50	1, 2, 3, 4	(Zou et al. 2013)

S – sukrosa; Gl – gliserol; Ck – cuka; A – asam askorbat; N – NaCl; E – eritritol; X – silitol; CJ – jus chokeberry; AJ – jus apel; MD – Maltodekstrin; MCC – microcrystalline cellulose; I – isomaltulosa; T – trehalos; GO – galacto-oligosaccharides; CC – kalsium klorida; F – fruktosa; G – glukosa; St – stakiosa; Ma – maltosa; R – rafinosa; C – Convective; MV – Microwave vacuum; F – Freeze; ICPD – Instant controlled pressure drop; 1 – aktivitas air; 2 – kadar air; 3 – kerenyahan; 4 – kekerasan

Tabel 2 Rangkuman hasil sintesis karakteristik buah kering dengan pra-perlakuan osmotik dan kontrol

Parameter	n <sup>s</sup>	n <sup>c</sup>	SMD	95% CI		SE	P-value	Heterogenitas (%)			
				lower	upper			Q <sub>M</sub>	DF	P-value	I <sup>2</sup>
Aktivitas air	5	27	3.038	1.834	4.243	0.615	< 0.001	147.280	26	< 0.001	82.347
Kadar air (% basis kering)	4	18	-4.225	-6.354	-2.096	1.086	< 0.001	125.403	17	< 0.001	86.444
Kerenyahan	4	16	1.365	0.615	2.115	0.383	< 0.001	97.370	15	< 0.001	84.595
Kekerasan (N)	10	31	-0.990	-2.127	0.146	0.580	0.088	453.263	30	< 0.001	93.381

n<sup>s</sup> – jumlah studi; n<sup>c</sup> – jumlah pembanding; SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error; Q<sub>M</sub> – coefficient of moderators; DF – degree of freedom; I<sup>2</sup> – Inconsistency index.

Tabel 3 Analisis subgroup pengaruh jenis buah terhadap karakteristik buah kering

Parameter	Subgrup	SMD	95% CI		SE	P-value
			Lower	Upper		
Aktivitas air	Apel	1.785	-0.231	3.801	1.028	0.083
	Mangga	7.736	2.531	12.940	2.655	0.004
	Quince	3.629	1.821	5.437	0.922	< 0.001
Kadar air	Apel	-8.197	-11.515	-4.880	1.693	< 0.001
	Mangga	-0.810	-0.810	0.155	0.492	0.100
Kerenyahan	Apel	1.889	0.684	3.094	0.615	0.002
	Mangga	1.049	0.229	1.870	0.418	0.012
	Peach	0.066	-1.397	1.530	0.747	0.929
Kekerasan	Apple	0.788	-0.804	2.380	0.812	0.332
	Mangga	1.693	1.209	2.177	0.247	< 0.001
	Peach	-1.505	-2.564	-0.445	0.541	0.005

SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error

### Pengaruh Jenis Buah terhadap Karakteristik Buah Kering

Pengaruh pra-perlakuan osmotik terhadap karakteristik buah kering dipengaruhi oleh jenis buah. Berdasarkan Tabel 3 pada mangga, pra-perlakuan osmotik secara signifikan ( $P < 0.05$ ) meningkatkan aktivitas air, kerenyahan, dan kekerasan dibandingkan dengan kontrol. Pada apel, pra-perlakuan osmotik berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) dalam menurunkan kadar air dan meningkatkan kerenyahan dibandingkan dengan kontrol. Pada peach, pra-perlakuan osmotik secara signifikan ( $P < 0.05$ ) menurunkan kekerasan, tetapi meningkatkan kerenyahan secara tidak signifikan ( $P > 0.05$ ) dibandingkan dengan kontrol. Pada quince, hanya aktivitas air yang dapat dianalisis dengan nilai yang meningkat signifikan ( $P < 0.05$ ) dibandingkan dengan kontrol. Spesies, varietas, dan tingkat kematangan merupakan faktor bahan yang mempengaruhi kinetika transfer massa selama pengeringan osmotik (Bekele and Ramaswamy 2010, Yadav and Singh 2014). Hal ini yang menyebabkan respon masing-masing buah berbeda ketika diberi pra-perlakuan osmotik sebelum pengeringan.

### Pengaruh Agen Osmotik dan Konsentrasi Larutan terhadap Karakteristik Buah Kering

Sukrosa sebagai osmotik agen berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap aktivitas air, kerenyahan, dan kekerasan yang dapat dilihat pada Tabel 4. Stakiosa berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap kadar air, tetapi tidak pada kekerasan. Eritritol dan jus chokeberry-sukrosa berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) dalam meningkatkan aktivitas air, sedangkan silitol, jus chokeberry, dan jus apel tidak berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ ). Sulit untuk menyimpulkan agen osmotik terbaik berdasarkan data yang tersedia. Gula menjadi pilihan terbaik berdasarkan efektivitas, kenyamanan, dan rasa (Tortoe 2010). Jenis larutan osmotik memiliki ukuran molekul yang berbeda yang berpengaruh terhadap koefisien difusi massa (de Oliveira et al. 2016).

Pada Tabel 5, konsentrasi larutan 50, 65, 65.1+70, dan 70% berpengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap aktivitas air, sedangkan konsentrasi 30, 65.1 dan 70.3% tidak berpengaruh signifikan ( $P > 0.05$ ). Konsentrasi 40% efektif dalam menurunkan kadar air, dibandingkan konsentrasi

65%. Kerenyahan meningkat signifikan ( $P < 0.05$ ) pada konsentrasi 10 dan 65%, namun meningkat sedikit pada konsentrasi 40%. Seluruh konsentrasi berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap kekerasan, penurunan terjadi pada konsentrasi 10%, sedangkan peningkatan terjadi konsentrasi 40 dan 65%. Dapat disimpulkan bahwa dibandingkan konsentrasi 40 dan 65%, konsentrasi 10% lebih baik diterapkan pada pra-perlakuan osmotik karena dapat menurunkan kekerasan dan meningkatkan kerenyahan secara signifikan ( $P < 0.05$ ) dibandingkan kontrol.

Konsentrasi larutan tidak boleh terlalu rendah, karena akan menghasilkan tekanan osmotik yang rendah dan *driving force* yang tidak cukup untuk mengeluarkan air dari bahan (Chandra and Kumari 2015). Di sisi lain, penambahan konsentrasi akan meningkatkan koefisien pindah massa air antara bahan dan larutan sehingga akan meningkatkan gradien tekanan osmotik (Deng 2019). Namun, pengaruh *case hardening* pada konsentrasi larutan gula yang tinggi dapat menurunkan laju aliran massa (Phisut 2012).

Tabel 4 Analisis subgrup pengaruh agen osmotik terhadap karakteristik buah kering

Parameter	Subgrup	SMD	95% CI		SE	P-value
			Lower	Upper		
Aktivitas air	Sukrosa	4.216	2.177	6.255	1.040	< 0.001
	Eritritol	2.273	1.246	3.300	0.524	< 0.001
	Silitol	-1.707	-8.388	4.973	3.409	0.616
	Jus chokeberry	2.920	-1.290	7.129	2.148	0.174
	Jus chokeberry-sukrosa	3.924	0.073	7.774	1.946	0.046
	Jus apel	3.336	-0.607	7.278	2.012	0.097
Kadar air	Sukrosa	0.580	-1.626	2.786	1.126	0.607
	Stakiosa	-5.946	-8.380	-3.511	1.242	< 0.001
Kerenyahan	Sukrosa	0.889	0.181	1.596	0.361	0.014
Kekerasan	Sukrosa	-2.635	-4.319	-0.950	0.860	0.002
	Stakiosa	0.907	-0.598	2.412	0.768	0.237

SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error

Tabel 5 Analisis subgrup pengaruh konsentrasi larutan (%) terhadap karakteristik buah kering

Parameter	Subgrup	SMD	95% CI		SE	P-value
			Lower	Upper		
Aktivitas air	30	0.554	-2.104	3.212	1.356	0.683
	50	3.983	1.366	6.601	1.336	0.003
	65	7.736	2.531	12.940	2.655	0.004
	70	6.581	1.061	12.100	2.816	0.019
	65.1	2.920	-1.290	7.129	2.148	0.174
	65.1+70	3.924	0.073	7.774	1.964	0.046
	70.3	3.336	-0.607	7.278	2.012	0.097
	Kadar air	40	-8.702	-11.599	-5.804	1.478
65		-0.810	-1.775	0.155	0.492	0.100
Kerenyahan	10	2.883	1.279	4.487	0.818	< 0.001
	40	0.946	-0.446	2.338	0.710	0.183
	65	1.049	0.229	1.870	0.418	0.012
Kekerasan	10	-5.058	-8.938	-1.178	1.980	0.011
	40	2.691	1.190	4.192	0.766	< 0.001
	65	1.693	1.209	2.177	0.247	< 0.001

SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error

Tabel 6 Analisis subgrup pengaruh metode pengeringan terhadap karakteristik buah kering

Parameter	Subgrup	SMD	95% CI		SE	P-value
			Lower	Upper		
Aktivitas air	Convective	2.103	0.575	3.630	0.779	0.007
	Microwave vacuum	2.266	1.144	3.388	0.573	< 0.001
	C-MV	0.889	-7.100	8.878	4.076	0.827
	Freeze	22.361	14.526	30.197	3.998	< 0.001
	C-EP	7.736	2.531	12.940	2.655	0.004
Kadar air	ICPD	-8.702	-11.599	-5.804	1.478	< 0.001
	C-EP	-0.810	-1.775	0.155	0.492	0.100
Kerenyahan	Freeze	0.066	-1.397	1.530	0.747	0.929
	ICPD	0.946	-0.446	2.338	0.710	0.183
	C-EP	1.049	0.229	1.870	0.418	0.012
Kekerasan	Convective	-5.705	-8.344	-3.067	1.346	< 0.001
	Freeze	-1.505	-2.564	-0.445	0.541	0.005
	ICPD	2.691	1.190	4.192	0.766	< 0.001
	C-EP	1.693	1.209	2.177	0.247	< 0.001

SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error; C-MV – convective-microwave vacuum; C-EP – convective-explosion puffing; ICPD – instant controlled pressure drop

Tabel 7 Analisis subgrup pengaruh suhu pengeringan (°C) terhadap karakteristik buah kering

Parameter	Subgrup	SMD	95% CI		SE	P-value
			Lower	Upper		
Aktivitas air	60	1.891	0.825	2.956	0.543	< 0.001
	70	1.785	-0.231	3.801	1.028	0.083
	-40	22.361	14.526	30.197	3.998	< 0.001
	50-95-75	7.736	2.531	12.940	2.655	0.004
	60	1.891	0.825	2.956	0.543	< 0.001
Kadar air	90-95-70	-8.702	-11.599	-5.804	1.478	< 0.001
	50-95-75	-0.810	-1.775	0.155	0.492	0.100
Kerenyahan	60	0.066	-1.397	1.530	0.747	0.929
	90-95-70	0.946	-0.446	2.338	0.710	0.183
	50-95-75	1.049	0.229	1.870	0.418	0.012
Kekerasan	60	-4.348	-7.206	-1.490	1.458	0.003
	70	-6.584	-9.532	-3.636	1.504	< 0.001
	90-95-70	2.691	1.190	4.192	0.766	< 0.001
	50-95-75	1.693	1.209	2.177	0.247	< 0.001

SMD – standardized mean difference; CI – confidence interval; SE – standard error

### Pengaruh Metode dan Suhu Pengeringan terhadap Karakteristik Buah Kering

Analisis subgrup pada metode pengeringan dapat dilihat pada Tabel 6. Seluruh metode pengeringan yang dianalisis memiliki pengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap nilai  $A_w$ , kecuali pada pengeringan *convective* yang dilanjutkan dengan *microwave vacuum* (C-MV). Pada pengering *instant controlled pressure drop* (ICPD), kadar air menurun signifikan ( $P < 0.05$ )

dibandingkan kontrol. Hal serupa juga terjadi pada pengeringan *convective-explosion puffing* (C-EP), walaupun tidak berpengaruh signifikan ( $P > 0.05$ ). Metode pengeringan yang memberikan pengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ) pada kerenyahan adalah pengering C-EP, sedangkan pengeringan beku (*freeze*) dan ICPD tidak memberikan pengaruh signifikan ( $P > 0.05$ ). Pengeringan *convective* dan *freeze* menurunkan kekerasan secara signifikan ( $P < 0.05$ ), sebaliknya ICPD dan C-EP meningkatkan kekerasan secara signifikan ( $P < 0.05$ ).

Metode pengeringan dapat memberikan pengaruh berbeda-beda pada karakteristik buah kering, namun sulit untuk menentukan metode pengeringan yang paling tepat digunakan dikarenakan terbatasnya data yang tersedia. Tetapi masing-masing metode pengeringan penting untuk dilakukan pada buah yang dikeringkan dengan pra-perlakuan osmotik dikarenakan pengeringan osmotik saja tidak mampu lebih lama mempertahankan umur simpan dan stabilitas produk akhir (Ramya and Jain 2017).

Suhu pengeringan, berpengaruh signifikan ( $P < 0.05$ ) terhadap nilai  $A_w$ , kecuali pada  $70^\circ\text{C}$  (Tabel 7). Pada suhu pengeringan gabungan 90, 95, dan  $70^\circ\text{C}$ , kadar air menurun signifikan ( $P < 0.05$ ), sedangkan pada suhu 50, 95, dan  $75^\circ\text{C}$ , kadar air menurun tidak signifikan ( $P > 0.05$ ). Suhu pengeringan  $60^\circ\text{C}$  dan kombinasi suhu 90, 95,  $70^\circ\text{C}$  tidak berpengaruh nyata ( $P > 0.05$ ), sedangkan kombinasi 50, 95,  $75^\circ\text{C}$  berpengaruh nyata ( $P < 0.05$ ) terhadap kerenyahan. Suhu pengeringan 60 dan  $70^\circ\text{C}$  menyebabkan penurunan kekerasan secara signifikan ( $P < 0.05$ ), sedangkan kombinasi suhu 90, 95,  $70^\circ\text{C}$  dan 50, 95,  $75^\circ\text{C}$  menaikkan kekerasan secara signifikan ( $P < 0.05$ ).

Terbatasnya data suhu pengeringan tidak cukup untuk menilai pengaruh masing-masing konsentrasi terhadap karakteristik buah kering yang diamati. Suhu yang meningkat akan mengurangi viskositas larutan, meningkatkan permeabilitas membran sehingga akan mengurangi resistensi eksternal terhadap perpindahan massa (de Oliveira et al. 2016). Hal ini akan meningkatkan pengeluaran air dari bahan sehingga kadar air dan aktivitas air akan menurun. Namun, suhu yang tinggi akan menyebabkan kemerosotan pada tekstur (Merciali et al. 2011, Brochier et al. 2015).

### KESIMPULAN

Hasil meta analisis yang dilakukan terhadap 13 studi menunjukkan bahwa pra-perlakuan osmotik memiliki dampak buruk dan baik terhadap karakteristik buah kering. Aktivitas air meningkat dengan adanya pra-perlakuan osmotik yang merupakan hal tidak diinginkan pada produk kering. Di sisi lain, pra-perlakuan osmotik nyata dalam meningkatkan penurunan kadar air dan kerenyahan buah kering. Pada kekerasan tidak ditemukan pengaruh yang signifikan dengan adanya pra-perlakuan osmotik pada buah kering. Dari hasil analisis subgroup menyimpulkan bahwa

jenis buah, agen osmotik, konsentrasi larutan, metode pengeringan, dan suhu pengeringan berperan dalam mempengaruhi karakteristik buah kering. Meskipun jumlah sampel yang relatif kecil, wawasan berharga dan arah penelitian kedepan dapat memanfaatkan hasil studi ini. Pra-perlakuan osmotik pada pengeringan direkomendasikan untuk memperoleh produk akhir yang rendah kadar air dan kerenyahan tinggi.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih atas pendaan riset melalui program pendanaan riset internal, Rumah Program Teknologi Tepat Guna dan Proses, di bawah koordinasi Organisasi Riset Pertanian dan Pangan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

### DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, I., I. M. Qazi, and S. Jamal. 2016. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 34:29–43.
- An, K., H. Li, D. Zhao, S. Ding, H. Tao, and Z. Wang. 2013. Effect of Osmotic Dehydration with Pulsed Vacuum on Hot-Air Drying Kinetics and Quality Attributes of Cherry Tomatoes. *Drying Technology* 31(6):698–706.
- Andreou, V., I. Thanou, M. Giannoglou, M. C. Giannakourou, and G. Katsaros. 2021. Dried figs quality improvement and process energy savings by combinatory application of osmotic pretreatment and conventional air drying. *Foods* 10(8).
- Bassey, E. J., J. H. Cheng, and D. W. Sun. 2021. Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables. *Trends in Food Science and Technology* 112(March):137–148.
- Bekele, Y., and H. Ramaswamy. 2010. Going beyond conventional osmotic dehydration for quality advantage and energy savings. *Ejast* 1(1)(1):1–15.
- Brochier, B., L. D. F. Marczak, and C. P. Z. Noreña. 2015. Osmotic Dehydration of Yacon Using Glycerol and Sorbitol as Solutes: Water Effective Diffusivity Evaluation. *Food and Bioprocess Technology* 8(3):623–636.



- Chandra, A., S. Kumar, A. Tarafdar, and P. K. Nema. 2020. Ultrasonic and osmotic pretreatments followed by convective and vacuum drying of papaya slices. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 101(6):2264–2272.
- Chandra, S., and D. Kumari. 2015. Recent Development in Osmotic Dehydration of Fruit and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 55(4):552–561.
- Chavan, U. D., and R. Amarowicz. 2012. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables 1(2):202–209.
- Cichowska-Bogusz, J., A. Figiel, A. A. Carbonell-Barrachina, M. Pasławska, and D. Witrowa-Rajchert. 2020. Physicochemical properties of dried apple slices: Impact of osmo-dehydration, sonication, and drying methods. *Molecules* 25(5).
- Ciurzyńska, A., H. Kowalska, K. Czajkowska, and A. Lenart. 2016. Osmotic dehydration in production of sustainable and healthy food. *Trends in Food Science and Technology* 50:186–192.
- Damodaran, S. 2017. Water and Ice Relations in Foods. Pages 19–90 in S. Damodaran and K. L. Parkin, editors. *Fennema's Food Chemistry*. Fifth edition. CRC Press, Boca Raton.
- Deng, L. Z. 2019. Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review.
- Higgins, J. P. T., and S. G. Thompson. 2002. Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine* 21(11):1539–1558.
- Kayacier, A., and R. K. Singh. 2003. Textural properties of baked tortilla chips. *Lwt* 36(5):463–466.
- Kek, S. P., N. L. Chin, and Y. A. Yusof. 2013. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. *Food and Bioprocess Processing* 91(4):495–506.
- Kowalska, H., A. Marzec, E. Domian, E. Masiarz, A. Ciurzyńska, S. Galus, A. Małkiewicz, A. Lenart, and J. Kowalska. 2020. Physical and sensory properties of japanese quince chips obtained by osmotic dehydration in fruit juice concentrates and hybrid drying. *Molecules* 25(23):1–20.
- Kurniasari, H., W. David, L. Cempaka, and Ardiansyah. 2022. Effects of drying techniques on bioactivity of ginger (*Zingiber officinale*): A meta-analysis investigation. *AIMS Agriculture and Food* 7(2):197–211.
- Landim, A. P. M., M. I. M. J. Barbosa, and J. L. Barbosa. 2016. Influence of osmotic dehydration on bioactive compounds, antioxidant capacity, color and texture of fruits and vegetables: a review. *Ciencia Rural* 46(10):1714–1722.
- Li, X., J. Bi, Q. Chen, X. Jin, X. Wu, and M. Zhou. 2019. Texture improvement and deformation inhibition of hot air-dried apple cubes via osmotic pretreatment coupled with instant control pressure drop (DIC). *Lwt* 101(August 2018):351–359.
- Liberati, A., D. G. Altman, J. Tetzlaff, C. Mulrow, P. C. Gøtzsche, J. P. A. Ioannidis, M. Clarke, P. J. Devereaux, J. Kleijnen, and D. Moher. 2009. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology* 62(10):e1–e34.
- Lyu, J., J. Yi, J. Bi, Q. Chen, L. Zhou, and X. Liu. 2017. Effect of sucrose concentration of osmotic dehydration pretreatment on drying characteristics and texture of peach chips dried by infrared drying coupled with explosion puffing drying. *Drying Technology* 35(15):1887–1896.
- Macedo, L. L., J. L. G. Corrêa, C. da Silva Araújo, W. C. Vimercati, and I. P. Júnior. 2021. Convective Drying with Ethanol Pretreatment of Strawberry Enriched with Isomaltulose. *Food and Bioprocess Technology* 14(11):2046–2061.
- Matuska, M., A. Lenart, and H. N. Lazarides. 2006. On the use of edible coatings to monitor osmotic dehydration kinetics for minimal solids uptake. *Journal of Food Engineering* 72(1):85–91.
- Mercali, G. D., L. D. Ferreira Marczak, I. C. Tessaro, and C. P. Zapata Noreña. 2011. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, shum.). *Lwt* 44(1):82–91.

- Ogbuewu, I. P., and C. A. Mbajorgu. 2023. Meta-analysis of the influence of dietary cassava on productive indices and egg quality of laying hens. *Heliyon* 9(3):e13998.
- de Oliveira, L. F., J. L. G. Corrêa, M. C. de Angelis Pereira, A. de Lemos Souza Ramos, and M. B. Vilela. 2016. Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Optimization for fructan retention. *Lwt* 71:77–87.
- Onwude, D. I., N. Hashim, R. Janius, K. Abdan, G. Chen, and A. O. Oladejo. 2017. Non-thermal hybrid drying of fruits and vegetables: A review of current technologies. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 43:223–238.
- Osaë, R., G. Essilfie, R. N. Alolga, S. Akaba, X. Song, P. Owusu-Ansah, and C. Zhou. 2020. Application of non-thermal pretreatment techniques on agricultural products prior to drying: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100(6):2585–2599.
- Pandiselvam, R., Y. Tak, E. Olum, O. J. Sujayasree, Y. Tekgöl, G. Çalıřkan Koç, M. Kaur, P. Nayi, A. Kothakota, and M. Kumar. 2022. Advanced osmotic dehydration techniques combined with emerging drying methods for sustainable food production: Impact on bioactive components, texture, color, and sensory properties of food. *Journal of Texture Studies* 53(6):737–762.
- Paraskevopoulou, E., V. Andreou, E. K. Dermesonlouoglou, and P. S. Taoukis. 2022. Combined effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pretreatments on mass transfer and quality of air-dried pumpkin. *Journal of Food Science* 87(11):4839–4853.
- Phisut, N. 2012. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits.
- Pravitha, M., M. R. Manikantan, V. Ajesh Kumar, S. Beegum, and R. Pandiselvam. 2021. Optimization of process parameters for the production of jaggery infused osmo-dehydrated coconut chips. *Lwt* 146(March).
- Pu, Y. Y., and D. W. Sun. 2017. Combined hot-air and microwave-vacuum drying for improving drying uniformity of mango slices based on hyperspectral imaging visualisation of moisture content distribution. *Biosystems Engineering* 156:108–119.
- Ramya, V., and N. K. Jain. 2017. A Review on Osmotic Dehydration of Fruits and Vegetables: An Integrated Approach. *Journal of Food Process Engineering* 40(3):1–22.
- Rastogi, N. K., and K. S. M. S. Raghavarao. 1997. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. *Journal of Food Engineering* 34(4):429–440.
- Sanchez-Meca, J., and F. Marin-Martinez. 2010. *Meta Analysis*. Page *International Encyclopedia of Education*. 3rd edition. Elsevier, Amsterdam.
- Sereno, A. M., R. Moreira, and E. Martinez. 2001. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. *Journal of Food Engineering* 47(1):43–49.
- Shete, Y., S. Chavan, P. Champawat, and S. Jain. 2018. Reviews on osmotic dehydration of fruits and vegetables. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(2):1964–1969.
- Torreggiani, D., and G. Bertolo. 2001. Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. *Journal of Food Engineering* 49(2–3):247–253.
- Tortoe, C. 2010. A review of osmodehydration for food industry. *African Journal of Food Science* 4(6):303–324.
- Wallace, B. C., M. J. Lajeunesse, G. Dietz, I. J. Dahabreh, T. A. Trikalinos, C. H. Schmid, and J. Gurevitch. 2017. OpenMEE: Intuitive, open-source software for meta-analysis in ecology and evolutionary biology. *Methods in Ecology and Evolution* 8(8):941–947.
- Wang, Y., H. Zhao, H. Deng, X. Song, W. Zhang, S. Wu, and J. Wang. 2019. Influence of pretreatments on microwave vacuum drying kinetics, physicochemical properties and sensory quality of apple slices. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 69(3):297–306.
- Xiao, M., J. Bi, J. Yi, Y. Zhao, J. Peng, L. Zhou, and Q. Chen. 2018. Osmotic pretreatment for instant controlled pressure drop dried apple chips: Impact of the type of

- saccharides and treatment conditions. *Drying Technology* 37(7):896–905.
- Yadav, A. K., and S. V. Singh. 2014. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology* 51(9):1654–1673.
- Zou, K., J. Teng, L. Huang, X. Dai, and B. Wei. 2013. Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *Lwt* 51(1):253–259.