

Analisis Pengeringan Kacang Panjang (*Vigna unguiculata*): Perbandingan Metode Pengeringan Sinar Matahari dan Pengeringan Beku

Analysis of Long Bean (*Vigna unguiculata*) Drying: A Comparison of Sun Drying and Freeze Drying Methods

Yusuf Ma'rifat Fajar Azis ^{1)*}, Nurika Nazilatul Ilmi ²⁾, Khansa Praningdita Sulisty ³⁾,
Salsa Kamilia ⁴⁾, I Gusti Ngurah Satya Mukti ⁵⁾

- ¹⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, email: yusufmarifat@lecturer.undip.ac.id
- ²⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, email: nurikanazilatulilmi@gmail.com
- ³⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, email: khansa.praningdita@gmail.com
- ⁴⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, email: salsakamilia8@gmail.com
- ⁵⁾ Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, email: ngurahsatya131@gmail.com

* Penulis Korespondensi: E-mail: yusufmarifat@lecturer.undip.ac.id

ABSTRACT

*Long beans (*Vigna unguiculata*) are a highly nutritious vegetable that are susceptible to spoilage due to their high moisture content. This study aims to investigate the drying efficiency of long beans using two methods: sun drying and freeze drying. The primary objective is to compare the reduction in mass of the product achieved by each method, thereby determining the most effective drying technique. Material mass and drying rate were measured from the beginning to the end of the drying process at 12-hour intervals over a period of 7 days. The results showed that sun drying effectively reduced moisture content more quickly by utilizing natural heat, while freeze drying provided more consistent temperature control. Statistical analysis using ANOVA revealed that the differences in drying methods significantly affected mass reduction ($p < 0.05$). The findings of this study are expected to provide practical insights for small-scale farmers and food processors in selecting the appropriate drying method for long beans based on resource availability and desired product characteristics. In addition to drying efficiency, this study also examined product quality in terms of color and texture. Although the drying rate was slower, the freeze drying method preserved color and texture better compared to sun drying.*

Keywords: *Long Bean; Moisture Reduction; Product Quality; Freeze Drying; Sun Drying*

ABSTRAK

Kacang panjang (*Vigna unguiculata*) merupakan sayuran bernilai gizi tinggi yang dapat rusak akibat kadar airnya yang tinggi. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi pengeringan kacang panjang menggunakan dua metode, yaitu pengeringan matahari dan pengeringan beku. Tujuan utama dari studi ini adalah untuk membandingkan penurunan massa produk yang dicapai oleh masing-masing metode, sehingga dapat diidentifikasi teknik pengeringan yang paling efektif. Parameter yang diukur meliputi massa bahan dan laju pengeringan yang dicatat sejak awal hingga akhir proses pengeringan dengan interval waktu 12 jam selama periode 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengeringan matahari lebih cepat dalam menurunkan kadar air karena memanfaatkan panas alami, sedangkan metode pengeringan beku memberikan kontrol suhu yang lebih konsisten. Meskipun laju pengeringannya lebih lambat, metode pengeringan beku mampu mempertahankan warna dan tekstur produk dengan lebih baik dibandingkan dengan pengeringan matahari. Analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan metode pengeringan berpengaruh signifikan terhadap penurunan massa ($p < 0,05$). Hasil dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan praktis bagi petani skala kecil dan pelaku industri pengolahan pangan dalam memilih metode pengeringan yang sesuai untuk kacang panjang berdasarkan ketersediaan sumber daya dan karakteristik produk yang diinginkan.

Kata kunci: Kacang Panjang; Kadar Air; Mutu Produk; Pengeringan Beku; Pengeringan Matahari

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan salah satu teknik pengawetan paling mendasar untuk buah dan sayuran, yang bertujuan untuk menurunkan kadar air dan menghambat aktivitas mikroba, sehingga memperpanjang umur simpan (Arslan & Alibaş, 2024; Petikirige et al., 2022). Kacang panjang (*Vigna unguiculata*), sebagai sayuran yang banyak dikonsumsi, memiliki kandungan gizi tinggi seperti serat pangan, vitamin, dan mineral (Quamruzzaman et al., 2022). Kandungan air yang tinggi menjadikannya sangat mudah rusak, sehingga diperlukan metode pengeringan yang efisien untuk pengawetannya (El-Mogy & Kitinoja, 2019). Meskipun telah banyak penelitian terkait metode pengeringan pada sayuran sejenis seperti buncis, penerapan spesifik metode pengeringan matahari dan pengeringan menggunakan pengeringan beku pada kacang panjang masih kurang dieksplorasi. Siriwattananon & Maneerate (2016) menunjukkan bahwa buncis yang dikeringkan pada suhu rendah mempertahankan tekstur dan warna lebih baik dibandingkan dengan pengeringan suhu tinggi. Oleh karena itu, penting untuk mengidentifikasi metode pengeringan yang efektif agar kualitas kacang

panjang tetap terjaga dan penggunaannya dalam berbagai aplikasi kuliner dapat diperluas.

Faktor-faktor yang memengaruhi proses pengeringan antara lain jenis atau metode pengeringan, suhu, kelembapan udara, laju aliran udara, dan kadar air awal bahan (Adhayanti & Ahmad, 2021; Babalis & Belessiotis, 2004). Berbagai metode telah dikembangkan untuk menurunkan kadar air hasil pertanian, di antaranya pengeringan matahari dan pengeringan beku. Pengeringan matahari telah lama digunakan sebagai metode pengawetan yang alami dan hemat biaya, terutama di wilayah dengan sumber daya terbatas. Metode ini mengandalkan radiasi matahari dan suhu lingkungan untuk mengeluarkan uap air dari produk pangan. Meskipun ramah lingkungan, pengeringan matahari memiliki kelemahan seperti ketergantungan terhadap cuaca, risiko kontaminasi, dan laju pengeringan yang tidak merata (Muthuvairavan et al., 2024; Nnamchi et al., 2025). Keterbatasan ini dapat memengaruhi kualitas gizi dan sensorik produk yang dikeringkan. Walaupun demikian, metode pengeringan matahari tetap populer di kalangan petani kecil karena kemudahannya (Lamidi et al., 2019). Namun, studi yang secara langsung membandingkan kedua metode ini secara komprehensif pada kacang panjang masih sangat terbatas, khususnya dalam konteks parameter efisiensi penurunan massa bahan serta mutu produk seperti warna dan tekstur yang penting untuk penerimaan konsumen.

Sebaliknya, pengeringan menggunakan pengeringan beku merupakan metode modern yang memberikan pengendalian suhu dan kelembapan yang presisi. Metode ini mampu mencegah pengeringan berlebih serta mempertahankan warna, tekstur, dan kandungan gizi produk (Moutia et al., 2024; Zhang et al., 2024). Penelitian sebelumnya oleh Siriwattananon & Maneerate (2016) menunjukkan bahwa metode ini mampu menjaga vitamin, antioksidan, dan senyawa bioaktif lain yang umumnya rusak pada pengeringan suhu tinggi. Namun, metode ini juga memiliki tantangan seperti konsumsi energi tinggi dan waktu pengeringan yang lebih lama, yang menjadi hambatan untuk diterapkan pada skala besar atau di lingkungan dengan sumber daya terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi dan kualitas hasil pengeringan kacang panjang menggunakan metode pengeringan matahari dan pengeringan beku. Evaluasi dilakukan pada parameter utama pengeringan seperti laju penurunan massa bahan, warna, dan tekstur. Hasil penelitian ini diharapkan

dapat menjadi acuan bagi petani kecil, pelaku pengolahan pangan, dan wirausaha dalam memilih metode pengeringan yang sesuai dengan ketersediaan sumber daya dan mutu produk yang diinginkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah kacang panjang segar. Pemilihan kacang panjang dilakukan secara hati-hati dengan mempertimbangkan keseragaman ukuran dan kualitas, sehingga konsistensi antara perlakuan pengeringan dapat terjaga.

Peralatan yang digunakan meliputi baki pengering untuk menyebarkan kacang panjang secara merata, baik pada metode pengeringan matahari maupun pengeringan beku, sehingga sirkulasi udara dan konsistensi pengeringan dapat terjaga. Massa awal dan akhir kacang panjang diukur menggunakan neraca massa digital (*Ohaus NV2101*) sehingga diperoleh data yang akurat. Selain itu, lemari pendingin digunakan untuk menciptakan lingkungan yang terkendali pada metode pengeringan beku, memastikan kestabilan suhu selama proses berlangsung.

Prosedur Pengeringan Kacang Panjang

Pengeringan Matahari

Kacang panjang dicuci dan dipotong secara seragam dengan panjang masing-masing 2 cm. Sebanyak 500 g kacang panjang ditimbang menggunakan timbangan digital. Sampel kemudian disebarkan secara merata pada baki dan diletakkan di bawah sinar matahari langsung di area terbuka. Suhu lingkungan selama pengeringan berkisar antara 30–35°C. Proses pengeringan dilakukan selama tujuh hari berturut-turut. Pengamatan dan pengukuran terhadap massa serta penampakan fisik (warna dan tekstur) sampel dilakukan dua kali sehari setiap 12 jam. Dokumentasi berupa foto juga dilakukan dalam setiap sesi pengamatan untuk mencatat perubahan warna dan tekstur selama proses berlangsung.

Pengeringan Beku

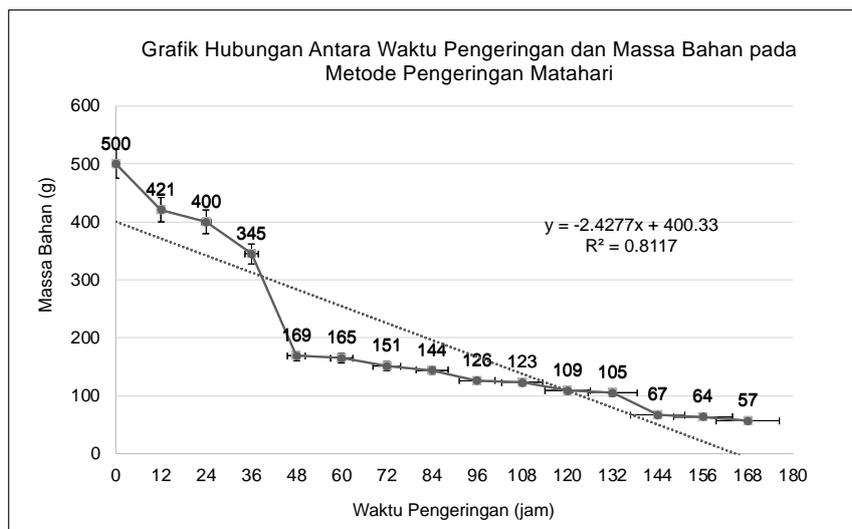
Metode ini mengikuti prosedur persiapan yang sama seperti pengeringan matahari. Kacang panjang dicuci, dipotong sepanjang 2 cm, dan ditimbang

sebanyak 500 g. Sampel ditempatkan pada baki untuk dikeringkan dalam lemari pendingin (*freezer*) dengan proses pengeringan pada suhu -17°C dalam kondisi vakum. Pengamatan meliputi pengukuran massa dan penilaian penampakan fisik dilakukan dua kali sehari setiap 12 jam selama tujuh hari. Foto sampel diambil dalam setiap sesi pengamatan guna mendokumentasikan perkembangan pengeringan dan perubahan visual pada kacang panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengeringan Matahari

Proses pengeringan kacang panjang di bawah sinar matahari menunjukkan tren yang jelas dalam pengurangan massa dari waktu ke waktu, seperti yang ditunjukkan dalam grafik, yang memetakan waktu pengeringan terhadap kehilangan massa. Model regresi linier untuk hubungan ini dinyatakan sebagai $y = -2,4277x + 400,33$ dengan nilai R^2 sebesar 0,8117. Hal ini menunjukkan korelasi negatif yang relatif kuat antara waktu pengeringan dan kehilangan massa, yang berarti bahwa seiring berjalannya waktu, massa kacang panjang terus menurun. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa model tersebut menjelaskan sebagian besar variabilitas dalam kehilangan massa selama proses pengeringan, meskipun masih ada ruang untuk perbaikan dalam kesesuaian model.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Waktu Pengeringan dan Massa Bahan pada Metode Pengeringan Matahari

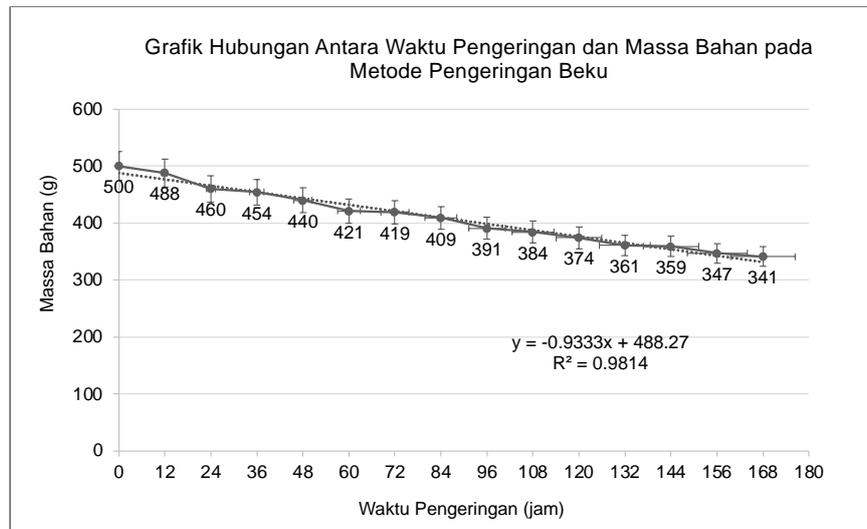
Berdasarkan massa yang diperoleh, kacang panjang yang awalnya seberat 500 g pada hari ke-1, menurun hingga 57 g pada hari ke-7. Penurunan massa yang signifikan ini menunjukkan bahwa pengeringan matahari cukup efektif dalam mengurangi kadar air, meskipun korelasi linier antara massa bahan dan waktu tidak terlalu kuat. Penurunan yang konsisten ini yang menunjukkan bahwa pengeringan matahari mampu menurunkan massa bahan, walaupun efisiensinya dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang tidak diperhitungkan dalam model sederhana (Subagya et al., 2018; Wardhani et al., 2023).

Tabel 1. Hasil Pengeringan Matahari dan Pengeringan Beku

Hari ke-	Massa bahan pengeringan matahari (g)	Massa bahan pengeringan beku (g)
0	500	500
1	400	460
2	169	440
3	151	419
4	126	391
5	109	374
6	67	359
7	57	341

Pengeringan Beku

Proses pengeringan kacang panjang menggunakan pengeringan beku juga menunjukkan tren penurunan massa yang jelas seiring waktu. Berdasarkan grafik hubungan waktu pengeringan dengan penurunan massa, diperoleh model regresi linear $y = -0,9333x + 488,27$ dengan nilai R^2 yaitu 0,9814 yang tinggi ini mengindikasikan adanya korelasi negatif yang sangat kuat antara waktu dan penurunan massa, serta bahwa waktu pengeringan beku menjelaskan sebagian besar variabilitas dalam massa produk.



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Waktu Pengeringan dan Massa Bahan pada Metode Pengeringan Beku

Kacang panjang berdasarkan massa awalnya memiliki berat 500 g dan menurun menjadi 341 g pada hari ke-7. Meskipun penurunan massa signifikan, nilai yang diperoleh lebih kecil dibandingkan pengeringan matahari. Pengeringan beku yang bekerja pada suhu terkendali menyebabkan hilangnya air secara perlahan dan bertahap. Akan tetapi, metode ini mampu mempertahankan struktur dan kualitas kacang panjang, meskipun penurunan massa bahan tidak berkorelasi kuat dengan waktu pengeringan. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengeringan beku lebih efektif, namun memerlukan waktu yang lebih lama untuk mencapai tingkat dehidrasi yang setara dengan metode pengeringan matahari (Hoffmann et al., 2021).

Perbandingan Metode Pengeringan Matahari dan Pengeringan Beku

Penelitian ini membandingkan dua metode pengeringan yaitu pengeringan matahari dan beku untuk mengevaluasi efisiensinya dalam menurunkan massa bahan kacang panjang selama tujuh hari. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa jenis metode pengeringan berpengaruh terhadap penurunan massa kacang panjang. Hipotesis nol (H_0) menyatakan bahwa metode pengeringan tidak berpengaruh, sedangkan hipotesis alternatif (H_1) menyatakan bahwa metode pengeringan memberikan pengaruh terhadap penurunan massa. Tingkat signifikansi pada analisis ini ditetapkan pada $\alpha = 0,05$ (Bower, 2013).

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa H_0 ditolak karena nilai F hitung lebih besar dari F tabel ($F_0 > F_\alpha$), yang berarti metode pengeringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan massa kacang panjang. Selain itu, uji T juga menolak H_0 karena nilai T hitung lebih besar dari T tabel, dan nilai p lebih kecil dari 0,05 ($p < 0,05$). Temuan ini memperkuat kesimpulan bahwa metode pengeringan memengaruhi penurunan massa secara signifikan.

Metode pengeringan matahari menunjukkan laju penurunan massa yang lebih tinggi dibandingkan metode pengeringan beku, sebagaimana ditunjukkan oleh analisis regresi linear yang menunjukkan korelasi negatif yang kuat. Massa berkurang dari 500 g menjadi 57 g dalam tujuh hari pada metode pengeringan matahari, sedangkan pada metode pengeringan beku massa berkurang dari 500 g menjadi 341 g. Hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan beku efektif tetapi memerlukan lebih banyak waktu untuk menurunkan kadar air yang sama seperti metode pengeringan matahari atau penjemuran. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh eksposur langsung terhadap sinar matahari dan faktor lingkungan seperti suhu serta sirkulasi udara (Adeyeye et al., 2022; Radojcin et al., 2021).

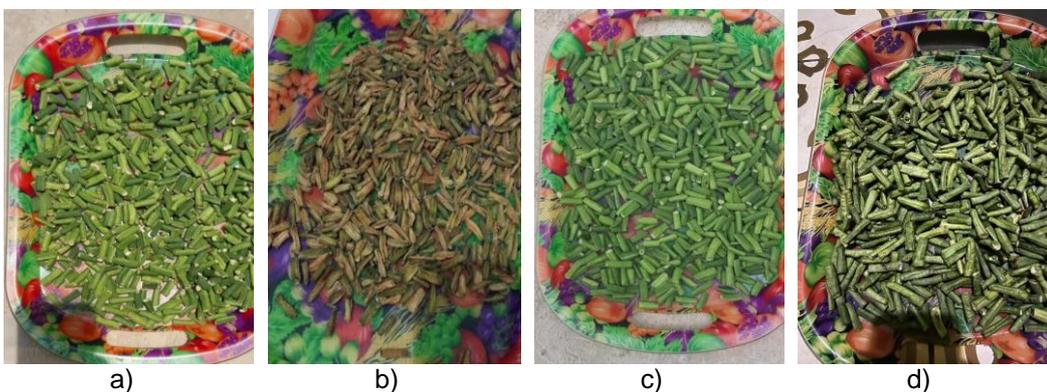
Konstanta Laju Pengeringan (k)

Berdasarkan analisis laju pengeringan diperoleh bahwa proses pengeringan kacang panjang mengikuti fase penurunan laju pengeringan (*falling rate period*). Dalam fase ini, laju pengeringan berbanding lurus dengan selisih antara kadar air rata-rata dan kadar air kesetimbangan. Konstanta laju pengeringan, yang disimbolkan dengan " k ", menunjukkan kecepatan difusi air dari dalam bahan. Nilai k ditentukan dari kemiringan grafik yang memplot rasio kelembapan (*moisture ratio*) terhadap waktu (Isquierdo et al., 2013). Nilai k dihitung berdasarkan rata-rata kadar air dari tiap baki sampel dengan perhitungan kemiringan dari grafik semilog yang memplot *Moisture Ratio* (MR) terhadap waktu pengeringan. Nilai MR dihitung menggunakan rumus $MR = (M_t - M_e) / (M_0 - M_e)$, dimana M_t adalah kadar air pada waktu t , M_0 adalah kadar air awal, dan M_e adalah kadar air kesetimbangan yang diambil mendekati nol. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai rata-rata konstanta laju pengeringan (k) sebesar 0,05053.

Mutu Produk Hasil Pengeringan

Pengeringan bertujuan untuk pengawetan dan memperpanjang umur simpan bahan pangan. Kedua metode yang digunakan dalam penelitian ini efektif dalam mengurangi kadar air yang menjadi faktor utama dalam pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan selama penyimpanan (Satifa et al., 2022). Akan tetapi mutu produk yang dihasilkan tidak hanya ditentukan oleh kadar air, melainkan juga oleh daya tarik visual dan karakteristik tekstural yang menentukan penerimaan konsumen. Sehingga pemilihan metode pengeringan dapat disesuaikan berdasarkan tujuan akhir produk dan kebutuhan pasar yang ingin dicapai.

Mutu produk kacang panjang setelah pengeringan dengan dua metode menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, terutama dalam aspek warna dan tekstur. Metode pengeringan matahari, meskipun lebih efisien dalam menurunkan kadar air dalam waktu relatif singkat akan tetapi dapat menyebabkan degradasi warna dan tekstur yang lebih nyata. Paparan langsung terhadap panas dan radiasi matahari dapat mengakibatkan warna kacang panjang menjadi lebih gelap dan kusam serta tekstur menjadi lebih keras atau kaku. Sebaliknya, pengeringan dengan pengeringan beku menghasilkan penurunan massa yang lebih lambat, namun mampu mempertahankan warna hijau alami dan tekstur segar kacang panjang lebih baik. Hal ini dikarenakan suhu rendah yang stabil mengurangi kerusakan fisik dan degradasi senyawa sensitif seperti pigmen dan protein struktural. Perbedaan hasil pengeringan secara visual pada kedua metode yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Visual Hasil Pengeringan Kacang Panjang: a) Pengeringan Matahari Hari ke-0; b) Pengeringan Matahari Hari ke-7; c) Pengeringan Beku Hari ke-0; d) Pengeringan Beku Hari ke-7

KESIMPULAN

Penelitian ini membandingkan efisiensi metode pengeringan matahari dan pengeringan beku dalam menurunkan kadar air kacang panjang selama tujuh hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan matahari lebih efisien, dengan penurunan massa dari 500 g menjadi 57 g, sedangkan pengeringan beku menghasilkan penurunan yang lebih lambat, yaitu dari 500 g menjadi 341 g. Analisis statistik mengungkapkan bahwa metode pengeringan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan massa sebagaimana dikonfirmasi oleh hasil uji ANOVA dan uji T ($p < 0,05$). Meskipun kedua metode efektif dalam menurunkan massa, pengeringan matahari terbukti lebih cepat, sehingga menjadi metode yang lebih efisien untuk pengeringan kacang panjang. Nilai rata-rata konstanta laju pengeringan yang diperoleh adalah sebesar 0,05053.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyeye, S. A. O., Ashaolu, T. J., & Babu, A. S. (2022). Food drying: A review. *Agricultural Reviews*, 1–8. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2537>
- Adhayanti, I., & Ahmad, T. (2021). Pengaruh metode pengeringan terhadap karakter mutu fisik dan kimia serbuk minuman instan kulit buah naga. *Media Farmasi*, 16(1), 57. <https://doi.org/10.32382/mf.v16i1.1418>
- Arslan, A., & Alibaş, İ. (2024). Assessing the effects of different drying methods and minimal processing on the sustainability of the organic food quality. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 94, 103681. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2024.103681>
- Babalís, S. J., & Belessiotis, V. G. (2004). Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs. *Journal of Food Engineering*, 65(3), 449–458. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.005>
- Bower, J. A. (2013). *Statistical methods for food science* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Ltd.
- El-Mogy, M. M., & Kitinoja, L. (2019). *Review of best postharvest practices for fresh market green beans*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12869.09443>
- Hoffmann, T. G., Ronzoni, A. F., da Silva, D. L., Bertoli, S. L., & de Souza, C. K. (2021). Impact of household refrigeration parameters on postharvest quality of fresh food produce. *Journal of Food Engineering*, 306, 110641. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110641>
- Isquierdo, E. P., Borém, F. M., De Andrade, E. T., Corrêa, J. L. G., De Oliveira, P. D., & Alves, G. E. (2013). Drying kinetics and quality of natural coffee. *Transactions of the ASABE*, 56(3), 1003–1010. <https://doi.org/10.13031/trans.56.9794>
- Lamidi, R. A. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y. D., & Roskilly, A. P. (2019). Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. *Applied Energy*, 233–234, 367–385. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.044>
- Moutia, I., Lakatos, E., & Kovács, A. J. (2024). Impact of dehydration techniques on the nutritional and microbial profiles of dried mushrooms. *Foods*, 13(20), 3245. <https://doi.org/10.3390/foods13203245>
- Muthuvairavan, G., Manikandan, S., Elangovan, E., & Kumar Natarajan, S. (2024). Assessment of solar dryer performance for drying different food materials: A

- comprehensive review. In *Drying Science and Technology*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.112945>
- Nnamchi, O., Tom, C., Akpan, G., Umunna, M., Ubong, D., Ibeh, M., Linus-Chibuezeh, A., Akuwueke, L., Nnamchi, S., Ben, A., & Ndukwu, M. (2025). Solar dryers: A review of mechanism, methods and critical analysis of transport models applicable in solar drying of product. *Green Energy and Resources*, 3(2), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.gerr.2025.100118>
- Petikirige, J., Karim, A., & Millar, G. (2022). Effect of drying techniques on quality and sensory properties of tropical fruits. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(11), 6963–6979. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16043>
- Quamruzzaman, A., Islam, F., Akter, L., Khatun, A., Mallick, S. R., Gaber, A., Laing, A., Brestic, M., & Hossain, A. (2022). Evaluation of the quality of yard-long bean (*Vigna unguiculata* sub sp. *sesquipedalis* L.) cultivars to meet the nutritional security of increasing population. *Agronomy*, 12(9), 2195. <https://doi.org/10.3390/agronomy12092195>
- Radojčin, M., Pavkov, I., Bursać Kovačević, D., Putnik, P., Wiktor, A., Stamenković, Z., Kešelj, K., & Gere, A. (2021). Effect of selected drying methods and emerging drying intensification technologies on the quality of dried fruit: A review. *Processes*, 9(1), 132. <https://doi.org/10.3390/pr9010132>
- Satifa, A. Della, Haryani, S., & Nilda, C. (2022). Kajian pengeringan pisang, ubi jalar dan nangka. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(3). www.jim.unsyiah.ac.id/JFP
- Siriwattananon, L., & Maneerate, J. (2016). Effect of drying methods on dietary fiber content in dried fruit and vegetable from non-toxic agricultural field. *International Journal of GEOMATE*, 11(28), 2896–2900.
- Subagya, A. W., Tamrin, T., Sugianti, C., & Suhandy, D. (2018). Mempelajari karakteristik pengeringan kerupuk sayur. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 6(2), 172–180. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v6i2.79>
- Wardhani, M. T., Fadilah, S. N., Prastika, A., Arimbawa, I. M., Khamil, A. I., Darmayanti, R. F., & Muharja, M. (2023). Pengaruh perendaman, waktu dan ketebalan pada pengeringan jahe putih (*Zingiber officinale* var. *Amarum*) menggunakan tray dryer dan solar dryer. *Distilat*, 9(1), 1–10.
- Zhang, W., Chen, C., Ju, H., Okaiyeto, S. A., Sutar, P. P., Yang, L., Li, S., & Xiao, H. (2024). Pulsed vacuum drying of fruits, vegetables, and herbs: Principles, applications and future trends. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(5). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13430>