

Pengaruh Metode Pengeringan terhadap Karakteristik Proksimat dan Kapasitas Antioksidan *Fruit Leather* Mangga Indramayu

Effect of Drying Methods on Indramayu Mango Leather Quality

Reno Irwanto^{1)*}, Mulyati²⁾, Jaka Marsita³⁾, Bimo Kuncoro Jati⁴⁾, Nada Fatin⁵⁾

¹⁾ Universitas Negeri Jakarta, email: reno.irwanto@unj.ac.id

²⁾ Universitas Negeri Jakarta, email: mulyati@unj.ac.id

³⁾ Universitas Negeri Jakarta, email: Jack.darch06@gmail.com

⁴⁾ Universitas Negeri Jakarta, email: Bimo.kuncoro.jati@unj.ac.id

⁵⁾ Universitas Negeri Jakarta, email: nadafatin72@gmail.com

* Penulis Korespondensi: E-mail: reno.irwanto@unj.ac.id

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of drying methods on the proximate characteristics and antioxidant capacity of Indramayu mango fruit leather. The drying methods tested included direct sunlight (sun drying), convection oven, and food dehydrator. The characteristics analyzed included moisture, ash, protein, fat, crude fiber, and antioxidant capacity using the FRAP and ABTS methods. The results showed that the drying method had a significant effect ($p < 0.05$) on moisture content and antioxidant capacity. The sun drying method produced the lowest moisture content of 12.71%, ash content of 0.92%, fat content of 0.19%, protein content of 6.62%, and crude fiber of 1.48%, and showed the highest antioxidant capacity with a FRAP value of 0.92 mg TE/g and ABTS of 1.26 mg TE/g. Meanwhile, drying using a convection oven produced a moisture content of 19.42%, FRAP of 0.73 mg TE/g, and ABTS of 0.94 mg TE/g. The food dehydrator method showed relatively better results than the oven, with a moisture content of 17.28%, FRAP of 0.88 mg TE/g, and ABTS of 1.04 mg TE/g, as well as a more stable proximate composition. Overall, sun drying was able to maintain lower moisture content and higher antioxidant activity compared to other methods, indicating its potential as an environmentally friendly and efficient drying method. This study provides important insights in selecting a drying method to produce mango fruit leather with optimal nutritional quality and antioxidant activity.

Keywords: antioxidant capacity; drying; FRAP; fruit leather; Indramayu mango

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode pengeringan terhadap karakteristik proksimat dan kapasitas antioksidan pada *fruit leather* mangga Indramayu. Metode pengeringan yang diuji meliputi sinar matahari langsung (*sun drying*), oven konveksi, dan *food dehydrator*. Karakteristik yang dianalisis meliputi kadar air, abu, protein, lemak, serat kasar, serta kapasitas antioksidan menggunakan metode FRAP dan ABTS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengeringan memberikan pengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar air dan kapasitas antioksidan. Metode *sun drying*

menghasilkan kadar air terendah sebesar 12,71%, kadar abu 0,92%, kadar lemak 0,19%, kadar protein 6,62%, dan serat kasar 1,48%, serta menunjukkan kapasitas antioksidan tertinggi dengan nilai FRAP 0,92 mg TE/g dan ABTS 1,26 mg TE/g. Sementara itu, pengeringan menggunakan oven konveksi menghasilkan kadar air 19,42%, FRAP 0,73 mg TE/g, dan ABTS 0,94 mg TE/g. Metode *food dehydrator* menunjukkan hasil yang relatif lebih baik dibanding oven, dengan kadar air 17,28%, FRAP 0,88 mg TE/g, dan ABTS 1,04 mg TE/g, serta komposisi proksimat yang lebih stabil. Secara keseluruhan, *sun drying* mampu mempertahankan kadar air yang lebih rendah dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya, yang mengindikasikan potensinya sebagai metode pengeringan yang ramah lingkungan dan efisien. Penelitian ini memberikan wawasan penting dalam pemilihan metode pengeringan untuk menghasilkan fruit leather mangga dengan kualitas gizi dan aktivitas antioksidan optimal.

Kata kunci: FRAP; fruit leather; kapasitas antioksidan; mangga Indramayu; pengeringan

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen mangga (*Mangifera indica* L.) terbesar di dunia, di mana mangga menempati posisi strategis sebagai komoditas buah unggulan nasional (Awaliyah et al., 2022). Kabupaten Indramayu, Jawa Barat, dikenal secara luas sebagai sentra produksi mangga varietas lokal yang khas, seperti mangga Indramayu atau mangga Cengkir, yang memiliki keunggulan pada daging buah yang tebal, tekstur serat yang unik, dan rasa yang manis. Namun, potensi ekonomi yang besar ini sering kali terhambat oleh sifat biologis buah mangga yang sangat mudah rusak (*perishable*) (Bhrijavasi et al., 2025). Buah mangga segar memiliki kadar air yang sangat tinggi, umumnya melebihi 80%, yang memicu aktivitas enzimatik dan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk segera setelah panen (Dereje & Abera, 2020).

Masalah pascapanen ini menjadi tantangan serius bagi para petani dan pelaku industri agribisnis. Di negara-negara berkembang termasuk Indonesia, kehilangan pascapanen pada komoditas mangga diperkirakan mencapai 25% hingga 40% akibat penanganan yang tidak tepat, sarana penyimpanan yang terbatas, serta masa simpan buah segar yang hanya berkisar 1-2 minggu pada suhu ruang (Kaur & Watson, 2024; Roy et al., 2019). Dampak dari tingginya angka kerusakan ini adalah kerugian ekonomi yang signifikan bagi sektor hulu, fluktuasi harga yang tajam saat musim panen raya, dan pemborosan sumber daya pangan. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi pengolahan pascapanen melalui

diversifikasi produk untuk memperpanjang masa simpan sekaligus meningkatkan nilai tambah (*added value*) mangga lokal Indramayu. Salah satu alternatif produk yang prospektif untuk dikembangkan adalah *fruit leather*.

Fruit leather merupakan produk pangan hasil olahan daging buah yang dihancurkan (*puree*), dicampur dengan bahan pengikat atau pemanis, kemudian dikeringkan hingga membentuk lembaran tipis yang elastis dan memiliki tekstur kenyal (da Silva Simão et al., 2019; Fachriah & Rahmawati, 2021). Produk ini menawarkan kepraktisan bagi konsumen modern karena bentuknya yang *portable*, mudah dikonsumsi, dan memiliki daya simpan yang jauh lebih lama dibandingkan buah segar tanpa memerlukan pendinginan yang ketat (Kalsi et al., 2023). Dari perspektif kesehatan, *fruit leather* dikategorikan sebagai pangan fungsional karena tetap mempertahankan komponen nutrisi penting dari buah asalnya, seperti serat pangan (*dietary fiber*), vitamin, dan senyawa antioksidan alami (Riram et al., 2024).

Mangga Indramayu kaya akan senyawa bioaktif seperti karotenoid, polifenol, dan flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan alami untuk menangkal radikal bebas dalam tubuh (Che Sulaiman et al., 2022; Marcillo-Parra et al., 2021). Konsumsi antioksidan secara rutin melalui produk olahan buah seperti *fruit leather* dikaitkan dengan penurunan risiko penyakit degeneratif, seperti kanker dan penyakit kardiovaskular (Yahia et al., 2023). Dengan mengolah mangga menjadi *fruit leather*, kandungan nutrisi ini dapat dipertahankan dalam bentuk yang lebih terkonsentrasi, menjadikannya pilihan camilan sehat yang mendukung gaya hidup fungsional.

Proses pengeringan merupakan faktor kritis dalam produksi *fruit leather* yang menentukan kualitas akhir produk, baik secara fisik, kimia, maupun fungsional. Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan massa yang kompleks, di mana parameter seperti suhu pengeringan, durasi waktu, dan sirkulasi udara memainkan peran vital dalam menentukan stabilitas nutrisi (Onwude et al., 2022). Perubahan pada karakteristik proksimat, terutama kadar air, sangat bergantung pada efisiensi metode pengeringan yang digunakan. Kadar air yang rendah (biasanya target 10-20%) esensial untuk menurunkan aktivitas air (a_w), sehingga stabilitas produk selama penyimpanan dapat terjaga (Taoukis & Richardson, 2020).

Namun, paparan panas selama pengeringan memiliki dampak ganda. Di satu sisi, pengeringan mengonsentrasikan nutrisi, namun di sisi lain, suhu tinggi dan waktu pengeringan yang lama dapat menyebabkan degradasi senyawa sensitif panas (*thermolabile*) (Grimaldi et al., 2022). Senyawa antioksidan seperti polifenol dan vitamin C sangat rentan terhadap degradasi termal dan oksidasi selama proses berlangsung. Metode pengeringan tradisional seperti sinar matahari (*sun drying*) seringkali memakan waktu lama dan sulit dikendalikan, yang berisiko pada oksidasi senyawa bioaktif. Sebaliknya, metode modern seperti penggunaan oven konveksi atau *food dehydrator* menawarkan kontrol suhu yang lebih stabil dan sirkulasi udara yang lebih baik, yang berpotensi meminimalkan kerusakan nutrisi meskipun memerlukan biaya energi yang lebih tinggi (Sarkar et al., 2020; Vidinamo et al., 2021).

Studi mengenai optimalisasi proses pengeringan produk berbasis mangga telah banyak dilakukan dalam sepuluh tahun terakhir. Sejumlah penelitian tersebut berfokus pada kinetika pengeringan serta pengaruh suhu terhadap karakteristik fisik, seperti tekstur dan warna fruit leather (Dereje & Abera, 2020; Nungwongsa et al., 2021). Penelitian oleh Sarkar et al. mengevaluasi berbagai teknologi pengeringan pada varietas mangga tertentu untuk melihat perubahan komponen bioaktifnya (Sarkar et al., 2020). Selain itu, studi mengenai penggunaan bahan tambahan seperti hidrokoloid atau *gelling agent* untuk memperbaiki tekstur fruit leather mangga juga telah terdokumentasi dengan baik dalam literatur ilmiah (Hadi et al., 2020). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada satu metode uji aktivitas antioksidan saja atau hanya melihat perubahan fisik tanpa melakukan analisis proksimat secara komprehensif pada varietas mangga lokal yang spesifik.

Meskipun penelitian tentang fruit leather mangga sudah ada, masih terdapat celah penelitian atau novelty yang perlu diisi, terutama terkait pemanfaatan mangga varietas lokal Indramayu. Pertama, penelitian ini secara sistematis membandingkan perbedaan teknik pengeringan; matahari, oven, dan *dehydrator* terhadap karakteristik nutrisi lengkap fruit leather mangga Indramayu. Kedua, penelitian ini mengkaji kapasitas antioksidan fruit leather dengan menggunakan lebih dari satu metode uji secara simultan. Penggunaan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) dan ABTS (*2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*) sangat penting untuk memberikan gambaran mekanisme

antioksidan yang lebih akurat, baik melalui mekanisme reduksi ion logam maupun penangkapan radikal kation (Cárdenas-Hernández et al., 2021; Nungwonga et al., 2021). Ketiga, masih jarang ditemukan studi yang mencoba mengaitkan secara eksplisit bagaimana perubahan profil proksimat (seperti penurunan kadar air dan konsentrasi massa) secara langsung mempengaruhi stabilitas dan aktivitas antioksidan selama proses pengolahan. Hipotesis dalam penelitian ini yaitu metode pengeringan yang berbeda akan memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik proksimat dan kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu, di mana metode modern (oven atau dehydrator) diharapkan menghasilkan kualitas nutrisi dan aktivitas antioksidan yang lebih optimal dibandingkan pengeringan matahari.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode pengeringan (sinar matahari, oven, dan *food dehydrator*) terhadap karakteristik proksimat dan kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu. Karakteristik tersebut meliputi kandungan kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat, serta kapasitas antioksidan menggunakan metode FRAP dan ABTS. Hal ini untuk menentukan metode pengeringan terbaik yang menghasilkan kualitas nutrisi dan aktivitas fungsional optimal sebagai dasar pengembangan produk pangan lokal yang bernilai gizi dan berdaya saing.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan April hingga September 2025 di Laboratorium Manajemen Sumber Daya Keluarga, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan Laboratorim Terpadu Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University.

Bahan dan alat

Bahan utama yang digunakan adalah buah mangga varietas Indramayu (*Mangifera indica* L.) dengan tingkat kematangan penuh yang diperoleh dari pasar lokal. Bahan lain yang digunakan adalah sukrosa, asam sitrat, dan gelatin. Bahan kimia yang digunakan dalam analisis *fruit leather* mangga Indramayu meliputi berbagai reagen sesuai dengan parameter yang diuji. Bahan kimia untuk analisis proksimat dan antioksidan (asam sulfat, katalis Kjeldahl, n-heksana, pereaksi

FRAP, dan radikal ABTS) menggunakan derajat analitik (*analytical grade*). Alat-alat yang digunakan yaitu peralatan pendukung pembuatan *fruit leather*, oven, food dehidrator, desikator, furnace (tanur), alat Kjeldahl, soxhlet extractor, dan spektrofotometer UV-Vis. Selain itu, peralatan umum seperti alat-alat gelas.

Desain penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal, yaitu perbedaan metode pengeringan. Perlakuan terdiri dari tiga level: A: Pengeringan Sinar Matahari (*Sun Drying*), B: Pengeringan Oven Konveksi, C: Pengeringan *Food Dehydrator*. Setiap perlakuan dilakukan dengan 3 kali ulangan.

Pembuatan *fruit leather*

Proses pembuatan *fruit leather* mangga Indramayu mengikuti prosedur modifikasi dari Rahayuningsih et al. (2021). Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Sortasi dan Pencucian: Mangga dipilih yang bebas dari cacat fisik, dicuci bersih, dan dikupas.
- b. Penghancuran (*Puree*): Daging buah dihancurkan menggunakan *blender* hingga halus.
- c. Pencampuran Bahan: *Puree* mangga dicampur dengan sukrosa, gelatin, dan asam sitrat hingga homogen.
- d. Pasteurisasi: Adonan dipanaskan pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$ selama 5-10 menit untuk menonaktifkan enzim dan mikroba patogen.
- e. Pencetakan: Adonan dituang ke dalam nampan anti lengket dengan ketebalan rata-rata ± 3 mm.
- f. Pengeringan: Sampel dikeringkan sesuai perlakuan hingga mencapai tekstur yang tidak lengket dan elastis. Pada pengeringan oven dan *dehydrator*, suhu diatur secara konstan (Dereje & Abera, 2020; Sarkar et al., 2020).
- g. Suhu oven yang digunakan dalam pengeringan adalah 50°C selama 9 jam, suhu *food dehydrator* yang digunakan yaitu 55°C selama 8 jam dan pengeringan matahari dilakukan ± 8 jam/hari dengan suhu lingkungan 35°C .

Analisis fruit leather

Parameter yang diamati meliputi analisis proksimat yang terdiri dari kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat by difference, dan serat mengacu pada metode AOAC 2005 (Latimer, 2023). Parameter analisis kapasitas antioksidan diukur menggunakan dua metode berbeda untuk mendapatkan profil fungsional yang komprehensif. Metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*), prinsip analisis ini adalah kemampuan senyawa antioksidan dalam sampel untuk mereduksi kompleks feri tripyridyltriazine ($Fe^{3+} - TPTZ$) menjadi Fe^{2+} yang berwarna biru intens pada kondisi pH asam. Konsentrasi pengujian metode FRAP dilakukan dengan 100 μ L ekstrak sampel dicampur dengan 3 mL larutan FRAP dan diukur pada panjang gelombang 593 nm. Hasil diukur menggunakan spektrofotometer dan dinyatakan dalam mg *Trolox Equivalent* per gram sampel berdasarkan metode Chaves et al. (2020) yang dimodifikasi. Metode ABTS, prinsip analisis ini didasarkan pada kemampuan senyawa antioksidan untuk menangkap radikal kation kation $ABTS^{•+}$ (*scavenging activity*). Pengukuran metode ABTS dilakukan dengan pengenceran larutan ABTS hingga absorbansi $0,7 \pm 0,02$, dicampur 10 μ L ekstrak sampel. Penurunan warna hijau kebiruan radikal ABTS diukur pada panjang gelombang 734 nm dan dikonversi ke dalam satuan mg TE/g sampel (Choi & Kim, 2023).

Analisis statistik

Data dianalisis secara statistik menggunakan *One-Way ANOVA* ($\alpha = 0,05$) untuk mengevaluasi pengaruh metode pengeringan terhadap karakteristik proksimat dan kapasitas antioksidan fruit leather mangga. Sebelum ANOVA, asumsi normalitas diuji dengan *Kolmogorv-Smirnov test*. Jika ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan, dilakukan Uji lanjut *Duncan* (DNMRT) untuk membedakan kelompok perlakuan secara spesifik. Selain itu, korelasi *Pearson* digunakan untuk menilai hubungan antara perubahan proksimat dan kapasitas antioksidan. Seluruh analisis dilakukan dengan SPSS Statistics versi 31, dengan $p < 0,05$ dianggap signifikan, sehingga perbedaan yang ditemukan dapat diinterpretasikan secara valid baik secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menilai pengaruh berbagai metode pengeringan terhadap karakteristik proksimat dan kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu. Perbedaan kondisi pengeringan memengaruhi kadar air, abu, lemak, protein, dan serat kasar, yang berdampak pada mutu dan nilai gizi produk. Selain itu, variasi suhu dan durasi pengeringan dapat memengaruhi kandungan senyawa bioaktif, terutama antioksidan. Analisis menyeluruh diperlukan untuk menentukan metode pengeringan yang optimal dalam mempertahankan kualitas fisikokimia dan aktivitas antioksidan.

Analisis Proksimat

Hasil analisis pengaruh metode pengeringan terhadap karakteristik proksimat *fruit leather* mangga Indramayu disajikan pada Tabel 1. Data menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$) pada hampir seluruh parameter yang diuji.

Tabel 1. Karakteristik proksimat *fruit leather* Mangga Indramayu pada berbagai metode pengeringan

Metode	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Serat Kasar (%)
Sun Drying	12,71±0,01 ^a	0,92±0,01 ^a	0,19±0,00 ^a	6,62±0,06 ^a	1,48±0,08 ^a
Oven Konveksi	19,42±0,01 ^c	0,96±0,01 ^a	0,15±0,00 ^a	6,76±0,02 ^a	1,65±0,06 ^a
Food Dehidrator	17,28±0,14 ^b	1,10±0,01 ^b	0,61±0,69 ^a	8,26±0,29 ^b	1,69±0,09 ^a

Keterangan: data dengan simbol superskrip huruf kecil yang berbeda pada setiap kolom menunjukkan terdapat beda nyata setiap perlakuan dengan taraf signifikansi 5% dan uji DMRT

Kadar air

Metode pengeringan berpengaruh signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar air *fruit leather* mangga Indramayu. Kadar air terendah diperoleh pada *sun drying* sebesar 12,71%, diikuti *food dehydrator* 17,28%, dan tertinggi pada oven konveksi 19,42%. Secara numerik, *food dehydrator* lebih tinggi 4,57% dibanding *sun drying*, sedangkan oven konveksi lebih tinggi 6,71% dibanding *sun drying* dan 2,14% dibanding *food dehydrator*. Hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas pengeringan tidak hanya ditentukan oleh suhu, tetapi juga oleh durasi, aliran udara, ketebalan bahan, dan kemampuan air berdifusi dari bagian dalam menuju permukaan.

Dibandingkan dengan Gautam et al. (2024), kadar air *star fruit leather* berada pada kisaran 11,22–14,96%. Nilai *sun drying* penelitian ini sebesar 12,71% masih

berada dalam kisaran tersebut, sedangkan *food dehydrator* dan oven konveksi lebih tinggi masing-masing 2,32% dan 4,46% dari batas tertingginya. Chhetri et al. (2022) melaporkan kadar air akhir *tomato leather* sekitar 19–20%, sehingga nilai oven konveksi penelitian ini sebesar 19,42% masih sesuai dengan kisaran tersebut. Sementara itu, Ayustaningwarno et al. (2024) melaporkan kadar air *fruit leather* buah naga merah-kulit semangka sebesar 7,95–13,99%; nilai *sun drying* masih masuk kisaran ini, tetapi *food dehydrator* dan oven konveksi lebih tinggi 3,29% dan 5,43% dari batas tertingginya.

Rendahnya kadar air pada *sun drying* diduga dipengaruhi oleh durasi pengeringan yang lebih panjang sehingga evaporasi berlangsung bertahap dan air internal lebih optimal keluar. Sebaliknya, kadar air oven konveksi yang tinggi dapat terjadi karena pemanasan cepat pada permukaan memicu *case hardening*, sehingga difusi air dari bagian dalam terhambat. Dengan demikian, *sun drying* paling efektif menurunkan kadar air pada kondisi penelitian ini, tetapi tetap memiliki kelemahan karena bergantung pada cuaca dan berisiko kontaminasi. Oven konveksi perlu optimasi suhu, waktu, dan ketebalan adonan, sedangkan *food dehydrator* berada di posisi sedang karena sirkulasi udaranya stabil tetapi kemungkinan durasi atau intensitas panasnya belum cukup untuk menurunkan kadar air secara maksimal.

Secara keseluruhan, kadar air *fruit leather* mangga Indramayu pada ketiga metode masih berada dalam kisaran yang relevan untuk produk *fruit leather*, meskipun efektivitas penghilangan air berbeda antarperlakuan. Perbedaan kadar air antarpenelitian menunjukkan bahwa kadar air akhir tidak hanya ditentukan oleh jenis metode pengeringan, tetapi juga oleh karakter bahan baku, formulasi, ketebalan lembaran, serta target mutu produk. Oleh karena itu, metode pengeringan yang dipilih perlu disesuaikan dengan tujuan produk, yaitu kadar air rendah untuk daya simpan, proses terkontrol untuk konsistensi mutu, dan keamanan produk selama penyimpanan.

Kadar abu

Kadar abu *fruit leather* mangga Indramayu berkisar antara 0,92–1,10% dan berbeda signifikan antar metode pengeringan ($p < 0,05$). Nilai tertinggi diperoleh pada *food dehydrator* sebesar 1,10%, diikuti oven konveksi 0,96%, dan *sun drying* 0,92%. Kadar abu *food dehydrator* lebih tinggi 0,14% dibanding oven konveksi dan

0,18% dibanding *sun drying*. Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan terkontrol dengan sirkulasi udara stabil lebih mampu menghasilkan pemekatan mineral pada produk akhir.

Dibandingkan dengan Shang et al. (2019), kadar abu *food dehydrator* pada penelitian ini sebesar 1,10% sedikit lebih tinggi daripada nilai yang dilaporkan, yaitu sekitar 1,03–1,05%, dengan selisih 0,05–0,07%. Perbedaan kecil ini menunjukkan bahwa hasil penelitian masih sejalan dengan temuan terdahulu, meskipun variasi bahan baku, ketebalan adonan, suhu, lama pengeringan, dan formulasi dapat memengaruhi kadar abu akhir.

Jika dibandingkan dengan Pratiwi et al. (2023), kadar abu *red guava gummy candies* berada pada kisaran 0,38–0,48%, dengan nilai tertinggi 0,48% pada penambahan 18 g pasta ekstrak kulit nanas. Kadar abu *fruit leather* mangga Indramayu lebih tinggi pada semua perlakuan, yaitu *sun drying* lebih tinggi 0,44%, oven konveksi 0,48%, dan *food dehydrator* 0,62% dibanding nilai tertinggi Pratiwi et al. (2023). Perbedaan ini wajar karena *fruit leather* mengalami pemekatan padatan melalui pengeringan, sedangkan *gummy candies* mengandung tambahan air, gula, sirup fruktosa, gelatin, dan bahan pembentuk gel yang dapat menurunkan proporsi mineral akhir.

Secara umum, kadar abu seluruh perlakuan masih di bawah batas maksimum SNI kembang gula, yaitu 3%. Dengan demikian, *food dehydrator* menghasilkan kadar abu tertinggi, tetapi peningkatan tersebut lebih tepat dipahami sebagai efek pemekatan padatan dan kestabilan proses pengeringan, bukan karena adanya peningkatan mineral secara absolut.

Kadar lemak

Kadar lemak *fruit leather* mangga Indramayu berkisar antara 0,15–0,61% dan tidak berbeda signifikan antar metode pengeringan ($p > 0,05$). Secara numerik, kadar lemak tertinggi terdapat pada *food dehydrator* sebesar 0,61%, diikuti *sun drying* 0,19%, dan oven konveksi 0,15%. Selisih *food dehydrator* terhadap *sun drying* sebesar 0,42% dan terhadap oven konveksi sebesar 0,46%. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengeringan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar lemak, meskipun *food dehydrator* cenderung menghasilkan nilai lebih tinggi.

Jika dibandingkan dengan Gautam et al. (2024), kadar lemak *star fruit leather* berada pada kisaran 0,3151–0,3909%. Nilai *food dehydrator* pada penelitian ini lebih tinggi 0,22% dari batas tertinggi tersebut, sedangkan *sun drying* dan oven konveksi lebih rendah masing-masing 0,13% dan 0,17% dari batas terendahnya. Sementara itu, Chhetri et al. (2022) melaporkan kadar lemak *tomato leather* sebesar 0,62–0,87%; nilai *food dehydrator* pada penelitian ini hampir setara dengan batas bawahnya, hanya lebih rendah 0,01%, sedangkan *sun drying* dan oven konveksi jauh lebih rendah. Dibandingkan dengan Ayustaningwarno et al. (2024), yang melaporkan kadar lemak *fruit leather* buah naga merah-kulit semangka sebesar 0,05–0,22%, nilai *sun drying* dan oven konveksi masih berada dalam rentang tersebut, sedangkan *food dehydrator* lebih tinggi 0,39% dari nilai tertingginya.

Perbedaan tersebut terutama dipengaruhi oleh jenis bahan baku, formulasi, kadar air akhir, serta kondisi pengeringan. Mangga bukan bahan dengan kandungan lemak tinggi, sehingga kadar lemak seluruh perlakuan tetap rendah, yaitu di bawah 1%. Kecenderungan nilai lebih tinggi pada *food dehydrator* diduga berkaitan dengan kondisi pengeringan yang lebih stabil sehingga komponen lipid lebih terjaga. Namun, karena hasilnya tidak signifikan, *food dehydrator* tidak dapat dinyatakan paling baik secara statistik, melainkan hanya menunjukkan kecenderungan kadar lemak lebih tinggi secara numerik.

Kadar protein

Kadar protein *fruit leather* mangga Indramayu berkisar antara 6,62–8,26% dan berbeda signifikan antar metode pengeringan ($p < 0,05$). Nilai tertinggi diperoleh pada *food dehydrator* sebesar 8,26%, diikuti oven konveksi 6,76%, dan *sun drying* 6,62%. Secara numerik, *food dehydrator* lebih tinggi 1,50% dibanding oven konveksi dan 1,64% dibanding *sun drying*, sedangkan oven konveksi hanya 0,14% lebih tinggi dibanding *sun drying*. Hal ini menunjukkan bahwa *food dehydrator* menghasilkan konsentrasi protein paling tinggi, sementara oven konveksi dan *sun drying* relatif berdekatan.

Jika dibandingkan dengan Sharew & Woldemariam (2025), kadar protein *mango fruit leather* dengan penambahan *bee pollen* berada pada kisaran 2,90–4,65%, dengan produk optimum sebesar 4,80%. Kadar protein penelitian ini lebih tinggi pada seluruh perlakuan, yaitu *sun drying* lebih tinggi 1,82%, oven konveksi

1,96%, dan *food dehydrator* 3,46% dibanding nilai optimum tersebut. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh varietas mangga, formulasi, rasio padatan, ketebalan adonan, suhu, lama pengeringan, dan kadar air akhir produk.

Pembandingan lain dari Ayustaningwarno et al. (2024) menunjukkan bahwa *fruit leather* buah naga merah-kulit semangka dengan penambahan rumput laut memiliki kadar protein 1,27–1,66%, dengan formulasi terbaik F2 sebesar 1,53%. Dibandingkan nilai tertinggi penelitian tersebut, kadar protein *sun drying* pada penelitian ini lebih tinggi 4,96%, oven konveksi 5,10%, dan *food dehydrator* 6,60%. Selisih ini menunjukkan bahwa *fruit leather* mangga Indramayu memiliki konsentrasi protein lebih tinggi dibandingkan produk *fruit leather* berbasis buah naga merah dan kulit semangka, kemungkinan karena perbedaan bahan baku, komposisi formulasi, dan tingkat pemekatan padatan selama pengeringan.

Ditinjau dari mekanisme pengeringan, kadar protein yang lebih tinggi pada *food dehydrator* tidak berarti terjadi pembentukan protein baru, melainkan lebih mungkin disebabkan oleh efek konsentrasi akibat penurunan kadar air dan pengeringan yang lebih stabil. Suhu moderat dan sirkulasi udara terkontrol dapat membantu mempertahankan fraksi padatan, sedangkan *sun drying* lebih dipengaruhi kondisi lingkungan dan oven konveksi berpotensi menyebabkan perubahan struktur protein akibat pemanasan lebih intens. Dengan demikian, *food dehydrator* dapat dinilai paling efektif menghasilkan kadar protein tertinggi, tetapi interpretasinya tetap harus dikaitkan dengan pemekatan padatan, bukan peningkatan protein secara absolut.

Kadar serat kasar

Berdasarkan Tabel 1, kadar serat kasar *fruit leather* mangga Indramayu berkisar antara 1,48–1,69% dan tidak berbeda signifikan antar metode pengeringan ($p>0,05$). Secara numerik, kadar serat tertinggi diperoleh pada metode *food dehydrator* sebesar 1,69%, diikuti oven konveksi sebesar 1,65%, dan *sun drying* sebesar 1,48%. Selisih antara *food dehydrator* dan oven konveksi hanya 0,04%, sedangkan selisih antara *food dehydrator* dan *sun drying* sebesar 0,21%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa metode pengeringan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar serat kasar, tetapi terdapat kecenderungan nilai yang lebih tinggi pada metode pengeringan yang lebih terkontrol.

Jika dibandingkan dengan penelitian Gautam et al. (2024) pada *star fruit leather*, kadar serat kasar penelitian ini lebih tinggi. Gautam et al. (2024) melaporkan kadar serat kasar sebesar 0,8008–0,9687%, dengan sampel terbaik secara sensori memiliki kadar serat 0,8991%. Dibandingkan dengan nilai tertinggi tersebut, kadar serat *sun drying* pada penelitian ini lebih tinggi 0,51%, oven konveksi lebih tinggi 0,68%, dan *food dehydrator* lebih tinggi 0,72%. Perbedaan ini diduga dipengaruhi oleh jenis buah, komposisi awal serat, rasio pulp dan gula, serta kadar air akhir produk.

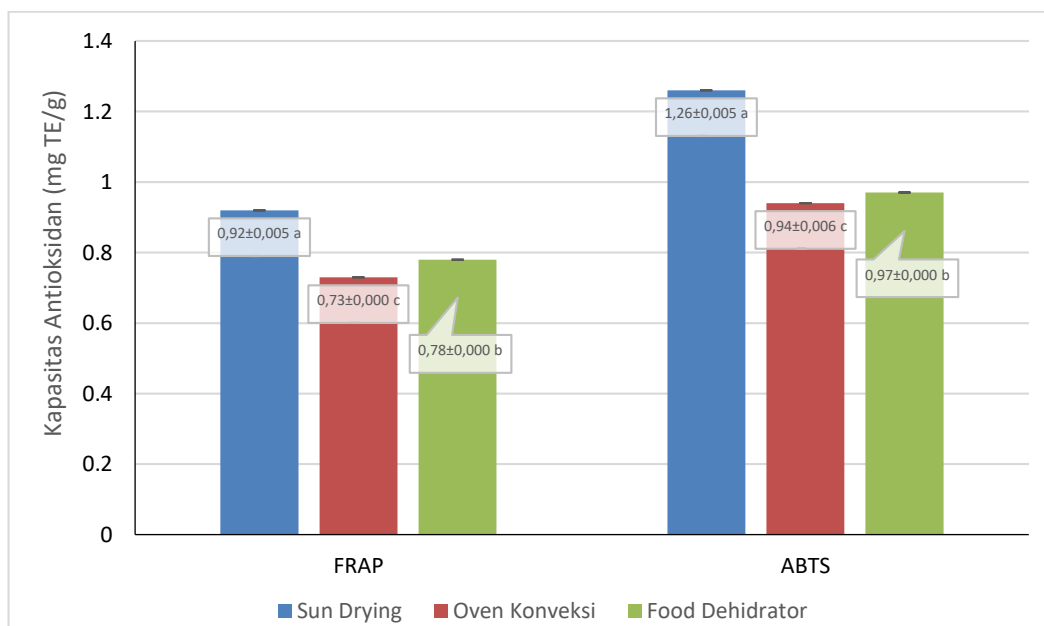
Sebaliknya, kadar serat kasar *fruit leather* mangga Indramayu lebih rendah dibandingkan penelitian Chhetri et al. (2022) pada *tomato leather*, yang melaporkan kadar serat kasar sebesar 2,59–5,46%. Jika dibandingkan dengan nilai tertinggi Chhetri et al. (2022), yaitu 5,46%, kadar serat *sun drying* lebih rendah 3,98%, oven konveksi lebih rendah 3,81%, dan *food dehydrator* lebih rendah 3,77%. Perbedaan yang cukup besar ini dapat disebabkan oleh karakter bahan baku, karena tomat pada formulasi tersebut digunakan dalam proporsi pulp tinggi dan menghasilkan konsentrasi serat yang lebih besar dibandingkan *fruit leather* mangga Indramayu.

Secara ilmiah, kadar serat kasar yang relatif stabil pada ketiga metode pengeringan dapat dijelaskan oleh sifat serat yang tersusun atas komponen struktural seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Komponen tersebut relatif lebih tahan terhadap panas dibandingkan vitamin, pigmen, atau senyawa bioaktif. Oleh karena itu, variasi kecil kadar serat pada penelitian ini lebih mungkin disebabkan oleh efek konsentrasi akibat penurunan kadar air dan perbedaan kestabilan proses pengeringan, bukan karena perubahan besar pada jumlah serat secara absolut.

Dengan demikian, metode pengeringan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar serat kasar *fruit leather* mangga Indramayu. Namun, secara numerik *food dehydrator* cenderung menghasilkan kadar serat tertinggi, meskipun tidak dapat dinyatakan sebagai metode terbaik secara statistik. Dibandingkan penelitian terdahulu, kadar serat kasar penelitian ini lebih tinggi daripada *star fruit leather* Gautam et al. (2024), tetapi lebih rendah daripada *tomato leather* Chhetri et al. (2022), sehingga masih berada dalam kisaran yang wajar untuk produk *fruit leather* berbasis buah.

Kapasitas Antioksidan

Pengujian kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu dalam penelitian ini difokuskan pada hasil pengujian menggunakan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) dan ABTS (*2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)*), yang masing-masing merepresentasikan kemampuan reduksi dan penangkapan radikal bebas (Gambar 1). Penggunaan dua metode ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai aktivitas antioksidan karena perbedaan mekanisme reaksi yang terlibat. Variasi metode pengeringan, yaitu *sun drying*, oven konveksi, dan *food dehydrator*, diduga memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas antioksidan akibat perbedaan suhu, lama pengeringan, serta paparan oksigen yang dapat memicu degradasi atau transformasi senyawa bioaktif seperti fenolik dan flavonoid. Oleh karena itu, analisis terhadap hasil uji FRAP dan ABTS menjadi penting untuk mengevaluasi sejauh mana metode pengeringan mampu mempertahankan atau bahkan meningkatkan aktivitas antioksidan pada produk *fruit leather* mangga.



Gambar 1. Kapasitas antioksidan (mg TE/g) *fruit leather* Mangga Indramayu pada metode FRAP dan ABTS dengan berbagai metode pengeringan.

Metode pengeringan memengaruhi kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu berdasarkan uji FRAP dan ABTS. Pada uji FRAP, nilai tertinggi diperoleh pada *sun drying* sebesar 0,92 mg TE/g, diikuti *food dehydrator* 0,78 mg

TE/g, dan oven konveksi 0,73 mg TE/g. Pola yang sama terlihat pada uji ABTS, yaitu *sun drying* sebesar 1,26 mg TE/g, *food dehydrator* 0,97 mg TE/g, dan oven konveksi 0,94 mg TE/g. Selisih *sun drying* terhadap oven konveksi mencapai 0,19 mg TE/g pada FRAP dan 0,32 mg TE/g pada ABTS, sehingga *sun drying* menunjukkan kapasitas reduksi dan penangkapan radikal paling tinggi.

Temuan ini sejalan dengan Nizamlioglu et al. (2022), yang melaporkan bahwa metode pengeringan dapat memengaruhi kapasitas antioksidan *fruit leather* apel, plum, dan campurannya; pada beberapa perlakuan, kapasitas antioksidan meningkat sekitar 10–25%. Artinya, pengeringan tidak selalu menurunkan antioksidan, karena pemanasan tertentu dapat membantu pelepasan senyawa fenolik dari matriks bahan, meskipun pemanasan berlebih tetap berisiko merusak senyawa bioaktif.

Dibandingkan dengan Deniz & Suna (2025), nilai FRAP *elderberry fruit leather* berada pada kisaran 28,75–110,00 $\mu\text{mol TE/g dw}$, sedangkan produk optimumnya memiliki FRAP 77,59 $\mu\text{mol TE/g dw}$. Nilai tersebut menunjukkan bahwa *elderberry leather* memiliki kapasitas antioksidan tinggi, terutama karena bahan bakunya kaya antosianin dan fenolik. Perbandingan dengan hasil penelitian ini perlu hati-hati karena satuan dan basis perhitungan berbeda, tetapi secara umum menunjukkan bahwa jenis bahan baku sangat menentukan besar kecilnya kapasitas antioksidan akhir.

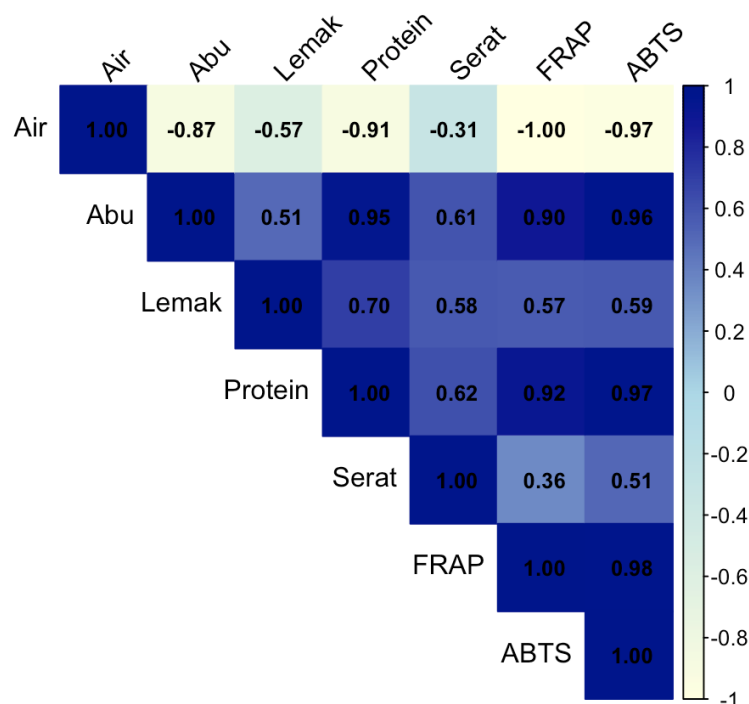
Chen et al. (2024) juga melaporkan bahwa *Burdekin plum leather* memiliki TPC 6–24 mg GAE/g DW dan kapasitas antioksidan 80–240 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g DW}$ yang relatif stabil setelah pengolahan dan penyimpanan. Data ini memperkuat bahwa stabilitas antioksidan pada *fruit leather* tidak hanya dipengaruhi metode pengeringan, tetapi juga profil senyawa bioaktif bahan baku. Pada penelitian ini, nilai terendah pada oven konveksi menunjukkan bahwa panas dan aliran udara intens kemungkinan mempercepat degradasi fenolik atau vitamin C, sedangkan *sun drying* menghasilkan tekanan termal lebih rendah sehingga aktivitas antioksidan lebih terjaga.

Dengan demikian, *sun drying* menjadi metode paling efektif dalam mempertahankan kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu, meskipun tetap memiliki kelemahan berupa ketergantungan pada kondisi lingkungan. *Food dehydrator* berada pada posisi sedang karena prosesnya lebih terkontrol, sedangkan oven konveksi menghasilkan nilai terendah sehingga

memerlukan optimasi suhu dan waktu agar kerusakan senyawa bioaktif dapat dikurangi.

Hubungan Proksimat dan Antioksidan

Analisis korelasi Pearson digunakan untuk melihat keterkaitan antara komponen proksimat dan kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu. Gambar 2 menampilkan arah dan kekuatan hubungan antarparameter, terutama bagaimana kadar air, abu, lemak, protein, dan serat kasar berkaitan dengan nilai FRAP dan ABTS. Analisis ini penting karena perubahan mutu akibat pengeringan tidak hanya terlihat dari nilai masing-masing parameter, tetapi juga dari pola hubungan antarvariabel. Korelasi yang diperoleh digunakan sebagai dasar interpretasi pola data, bukan sebagai satu-satunya dasar untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat.



Gambar 2. Heatmap Korelasi Pearson antara Komponen Proksimat dan Kapasitas Antioksidan *Fruit Leather* Mangga Indramayu

Berdasarkan heatmap korelasi Pearson pada Gambar 2, kadar air menunjukkan hubungan negatif sangat kuat dengan kapasitas antioksidan, yaitu terhadap FRAP ($r = -1,00$) dan ABTS ($r = -0,97$). Pola ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar air, kapasitas antioksidan cenderung menurun. Sebaliknya, kadar abu dan protein berkorelasi positif kuat dengan kapasitas antioksidan. Kadar

abu berkorelasi dengan FRAP sebesar $r = 0,90$ dan ABTS sebesar $r = 0,96$, sedangkan protein berkorelasi dengan FRAP sebesar $r = 0,92$ dan ABTS sebesar $r = 0,97$. Hubungan ini mengindikasikan bahwa pemekatan padatan selama pengeringan tidak hanya meningkatkan fraksi proksimat tertentu, tetapi juga berkaitan dengan meningkatnya kapasitas antioksidan terukur.

Korelasi positif antara FRAP dan ABTS yang sangat tinggi ($r = 0,98$) menunjukkan bahwa kedua metode uji memberikan pola respons yang searah dalam menilai kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu. Hal ini memperkuat bahwa perbedaan nilai antioksidan antarperlakuan tidak bersifat acak, tetapi berkaitan dengan perubahan komposisi produk selama pengeringan. Nizamlioglu et al. (2022) juga melaporkan bahwa metode pengeringan dapat memengaruhi kapasitas antioksidan *fruit leather* apel, plum, dan campurannya, bahkan peningkatan kapasitas antioksidan dapat mencapai sekitar 10–25% pada beberapa perlakuan. Dengan demikian, proses pengeringan tidak selalu menurunkan aktivitas antioksidan, karena pemanasan tertentu dapat membantu pelepasan senyawa fenolik dari matriks bahan, meskipun pemanasan berlebih tetap berisiko merusak senyawa bioaktif.

Hubungan negatif kadar air dengan FRAP dan ABTS juga sejalan dengan konsep pemekatan senyawa aktif selama pengeringan. Ketika kadar air menurun, konsentrasi padatan dan senyawa bioaktif dalam produk menjadi lebih tinggi sehingga kapasitas antioksidan dapat meningkat. Namun, pola ini tetap dipengaruhi oleh jenis bahan dan stabilitas senyawa bioaktifnya. Chen et al. (2024) melaporkan bahwa *Burdekin plum leather* memiliki TPC 6–24 mg GAE/g DW dan kapasitas antioksidan 80–240 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g DW}$ yang relatif stabil setelah pengolahan dan penyimpanan, menunjukkan bahwa stabilitas antioksidan pada *fruit leather* sangat dipengaruhi oleh karakter bahan baku dan profil fenolik awal.

Dengan demikian, Gambar 2 menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan *fruit leather* mangga Indramayu lebih berkaitan dengan rendahnya kadar air serta meningkatnya konsentrasi padatan seperti abu dan protein. Akan tetapi, korelasi ini perlu dibaca sebagai pola hubungan antarparameter, bukan bukti sebab-akibat tunggal. Perbedaan kapasitas antioksidan tetap dipengaruhi oleh kombinasi kadar air akhir, komposisi bahan, suhu pengeringan, durasi, dan kestabilan senyawa bioaktif selama proses pengolahan.

KESIMPULAN

Metode pengeringan memengaruhi karakteristik *fruit leather* mangga Indramayu, terutama kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kapasitas antioksidan, sedangkan kadar lemak dan serat kasar tidak berbeda signifikan antarperlakuan. Metode *sun drying* menghasilkan kadar air terendah sebesar 12,71% serta kapasitas antioksidan tertinggi, yaitu FRAP 0,92 mg TE/g dan ABTS 1,26 mg TE/g. Sementara itu, *food dehydrator* menghasilkan kadar abu, lemak, protein, dan serat kasar tertinggi secara numerik, masing-masing 1,10%, 0,61%, 8,26%, dan 1,69%, yang lebih tepat dipahami sebagai efek pemekatan padatan akibat pengeringan.

Secara aplikatif, *sun drying* dapat menjadi pilihan bagi UMKM karena sederhana, murah, dan mampu menghasilkan produk dengan kadar air rendah serta kapasitas antioksidan tinggi, tetapi perlu pengendalian higiene, perlindungan dari kontaminasi, dan standarisasi waktu pengeringan. Untuk skala industri, *food dehydrator* lebih direkomendasikan karena memiliki kontrol suhu dan sirkulasi udara yang lebih stabil sehingga mutu produk lebih konsisten. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengevaluasi kombinasi metode pengeringan, optimasi suhu dan waktu, penggunaan bahan pengikat atau antioksidan alami, analisis sensorik, serta stabilitas mutu selama penyimpanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, atas dukungan dana bantuan penelitian melalui Skema Penelitian Dasar tahun anggaran 2025 dengan nomor kontrak penelitian: T/005/5.FT/KontrakPenelitian/PT.01.03/III/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaliyah, F., Saefudin, B. R., Sulistyowati, L., Rasmikayati, E., & Dwirayani, D. (2022). International Journal Agriculture and Environmental Research Mango Agribusiness Development in West Java Province, Indonesia. *International Journal Agriculture and Environmental Research*. <https://doi.org/10.51193/IJAER.2022.8603>
- Ayustaningwarno, F., Ayu, A. M., Afifah, D. N., Anjani, G., Nuryanto, N., Wijayanti, H. S., Fitranti, D. Y., Tsaniya, L. R., Afiani, S., Razaq, A., &

- Zhu, F. (2024). Physicochemical and sensory quality of high antioxidant fruit leather of red dragon fruit and watermelon rind enriched with seaweed. *Discover Food*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00169-6>
- Bhrijavasi, B., Lakshya, Raghavan, M., Kumar, S., Mishra, P. K., & Kumar, G. (2025, October 4). *Post-Harvest Processing and Value Addition in Mango*.
<https://journalejnfs.com/index.php/EJNFS/article/view/1853/4043>
- Cárdenas-Hernández, E., Torres-León, C., Ascacio-Valdés, J., Contreras-Esquivel, J. C., & Aguilar, C. N. (2021). Influence of Drying and Extraction Technology on the Chemical Profile and Antioxidant Property of Mexican Mango Byproduct. *Food Loss and Waste Reduction*, 105–121. <https://doi.org/10.1201/9781003083900-6>
- Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. *Antioxidants*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/antiox9010076>
- Che Sulaiman, I. S., Mohamad, A., & Isa, I. M. (2022). Mango Peels as a Source of Nutraceuticals. *Food and Agricultural Byproducts as Important Source of Valuable Nutraceuticals*, 57–74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-98760-2_4
- Chen, G., Mantilla, S. M. O., Netzel, M. E., Cozzolino, D., Sivakumar, D., & Sultanbawa, Y. (2024). Physicochemical, antioxidant and microbial stability of Burdekin plum leathers. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 2716–2726. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17023>
- Chhetri, A. J., Dangal, A., Shah, R., Timsina, P., & Bohara, E. (2022). Nutritional and Sensory Quality of Prepared Tomato (*Solanum lycopersicum*) Leather. *Analytical Science and Technology*, 35(4), 169–180. <https://doi.org/10.5806/AST.2022.35.4.169>
- Choi, M. J., & Kim, Y. R. (2023). Antioxidant and Antibacterial Effects of Mixed Extracts of *Phyllanthus emblica*, *Geranium* (*Pelargonium graveolens*) and *Commiphora myrrha*: Possibility of Natural Materials for Acne Treatment. *Microbiology and Biotechnology Letters*, 51(2), 174–183. <https://doi.org/10.48022/mbi.2210.10010>
- da Silva Simão, R., de Moraes, J. O., Carciofi, B. A. M., & Laurindo, J. B. (2019). Recent Advances in the Production of Fruit Leathers. *Food Engineering Reviews* 2019 12:1, 12(1), 68–82. <https://doi.org/10.1007/S12393-019-09200-4>
- Deniz, Z., & Suna, S. (2025). Unlocking the potential of elderberry (*Sambucus nigra* L.) fruit leather: Optimization of production and evaluation of bioactive content and bioaccessibility using response surface methodology. *Food Chemistry*, 493. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146046>

- Dereje, B., & Abera, S. (2020). Effect of pretreatments and drying methods on the quality of dried mango (*Mangifera Indica* L.) slices. *Cogent Food & Agriculture*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2020.1747961>
- Fachriah, K., & Rahmawati, R. (2021, December 20). *Physicochemical and Sensory Characteristic of Starfruit-Red Guava Fruit Leather as Affected by The Addition of Arabic Gum*. <https://journals.utm.my/jurnalteknologi/article/view/16642/7795>
- Gautam, S., Khadka, N., & Rai, K. (2024). Effect of fruit pulp and sugar concentration on the physicochemical, phytochemical and sensory characteristics of star fruit (*Averrhoa carambola*) leather. *Vietnam Journal of Science and Technology*, 62(5), 869–878. <https://doi.org/10.15625/2525-2518/18490>
- Grimaldi, M., Cavazza, A., Pitirollo, O., Zoccali, M., Mondello, L., & Giuffrida, D. (2022). Analytical evaluation of carotenoids, apocarotenoids, capsaicinoids, and phenolics to assess the effect of a protective treatment on chili peppers dried at different temperatures. *European Food Research and Technology* 248:9, 248(9), 2339–2349. <https://doi.org/10.1007/S00217-022-04049-0>
- Hadi, K. U. A. K., Suhartatik, N., & Widanti, Y. A. (2020, September 28). *Fruit Leather dari Beberapa Jenis Mangga (Mangifera indica L.) dengan Perbedaan Konsentrasi Gum*. <https://ejurnal.unisri.ac.id/index.php/jtpr/article/view/4069/pdf>
- Kalsi, G., Baruah, L. D., & Gogoi, M. (2023). Sensory and Functional Qualities of Fruit Leather Prepared from Guava (*Psidium Guajava*), Papaya (*Carica papaya* L.) and Mirika Tenga (*Parameria polyneura*). *Agro and Food Processing Technologies: Proceedings of NERC 2022*, 195–208. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9704-4_10
- Kaur, R., & Watson, J. A. (2024). A Scoping Review of Postharvest Losses, Supply Chain Management, and Technology: Implications for Produce Quality in Developing Countries. *Journal of the ASABE*, 67(5), 1103–1131. <https://doi.org/10.13031/JA.15660>
- Latimer, G. W. (2023). Official Methods of Analysis (AOAC): 22nd Edition (2023). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. <https://doi.org/10.1093/9780197610145.002.001>
- Marcillo-Parra, V., Anaguano, M., Molina, M., Tupuna-Yerovi, D. S., & Ruales, J. (2021). Characterization and quantification of bioactive compounds and antioxidant activity in three different varieties of mango (*Mangifera indica* L.) peel from the Ecuadorian region using HPLC-UV/VIS and UPLC-PDA. *NFS Journal*, 23, 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2021.02.001>
- Nizamlioglu, N. M., Yasar, S., & Bulut, Y. (2022). Chemical versus infrared spectroscopic measurements of quality attributes of sun or oven dried fruit leathers from apple, plum and apple-plum mixture. *LWT*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112420>
- Nungwongsa, S., Sayasoonthorn, S., Jaisut, D., Chungcharoen, T., Thakhiew, W., & Thuwapanichayanan, R. (2021). Effect of Drying

- Temperature on Drying Characteristics, Total Phenolic Content and Antioxidant Activity of Slightly Sticky Mango (*Mangifera Indica* L.) Sheet. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 943(1), 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/943/1/012023>
- Onwude, D. I., Iranshahi, K., Rubinetti, D., Schudel, S., Schemminger, J., Martynenko, A., & Defraeye, T. (2022). How much do process parameters affect the residual quality attributes of dried fruits and vegetables for convective drying? *Food and Bioprocess Processing*, 131, 176–190. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2021.11.005>
- Pratiwi, L. J., Swasti, Y. R., & Pranata, F. S. (2023). The quality of red guava (*Psidium guajava* L.) gummy candies with variation additions of pineapple peel extract paste (*Ananas comosus* L. Merr) as a gelling agent. *Food Research*, 7(3), 63–70. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(3\).796](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(3).796)
- Rahayuningsih, T., Rejeki, F. S., & Revitriani, M. (2021). Teknologi Pengolahan Fruit Leather Pada Siswa SMK NU Al Hidayah Ngimbang Lamongan. *Humanism : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 85–95. <https://doi.org/10.30651/HM.V2I2.7545>
- Riram, K., Maibam, S., Kumari, K., & Srikanth, P. (2024). *Development of nutrition rich mixed fruit leather from Apple and Papaya: A review*. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411002005>
- Roy, S., Kamrul Hassan, M., Maruf Ahmed, Q., Mahmudur Rahman, M., Nazmul Hasan, G., & Nath Sarkar, M. (2019). Assessment of postharvest loss and constrains in the supply chain of mango. *Int. J. Bus. Manag. Soc. Res*, 07(01), 412–420. <https://doi.org/10.18801/ijbmsr.070119.43>
- Sarkar, T., Salauddin, M., Hazra, S. K., & Chakraborty, R. (2020). Effect of cutting edge drying technology on the physicochemical and bioactive components of mango (*Langra* variety) leather. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100074. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2020.100074>
- Shang, X., Zhang, Z., Xu, X., Liu, T., & Xing, Y. (2019). Mineral Composition, Pore Structure, and Mechanical Characteristics of Pyroxene Granite Exposed to Heat Treatments. *Minerals* 2019, Vol. 9, 9(9). <https://doi.org/10.3390/MIN9090553>
- Sharew, G. A., & Woldemariam, H. W. (2025). Optimization of bee pollen addition on the physicochemical, antioxidant, and sensory properties of functional mango (*Mangifera indica* L.) fruit leather. *Applied Food Research*, 5(2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101222>
- Taoukis, P. S., & Richardson, M. (2020). Principles of Intermediate-Moisture Foods and Related Technology. In *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications* (pp. 385–424). wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch16>
- Vidinamo, F., Fawzia, S., & Karim, M. A. (2021). Effect of drying methods and storage with agro-ecological conditions on phytochemicals and antioxidant activity of fruits: a review. *Critical Reviews in Food Science*

and Nutrition, 62(2), 353–361.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1816891>

Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. de J., Brecht, J. K., García-Solís, P., Celis, M. E. M., Yahia, E. M., Ornelas-Paz, J. de J., Brecht, J. K., García-Solís, P., & Celis, M. E. M. (2023). The contribution of mango fruit (*Mangifera indica* L.) to human nutrition and health. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(7), 104860. <https://doi.org/10.1016/J.ARABJC.2023.104860>