

Pengaruh Lama Pemanasan dan Konsentrasi Gula terhadap Vitamin C, Viskositas, dan Mutu Mikrobiologis Sirup Ceremai (*Phyllanthus acidus* L.)

Regina Ilse Marcelina Bano^{1*}, Gabriela E. Hetharia¹, Amanda Priscilla Nainiti²

¹ Universitas Kristen Artha Wacana

² Universitas Nusa Cendana

e-mail: reginaimbanoet@gmail.com

ABSTRAK

Buah ceremai (*Phyllanthus acidus* L.) berpotensi dikembangkan sebagai sirup buah, namun kualitas dan keamanan produk sangat dipengaruhi oleh proses pemanasan dan konsentrasi gula. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh lama pemanasan dan konsentrasi gula terhadap kadar vitamin C, viskositas, dan mutu mikrobiologis sirup ceremai. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu lama pemanasan dan konsentrasi gula, serta mengevaluasi karakteristik kimia, fisik, dan mikrobiologis produk selama penyimpanan suhu kamar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut berpengaruh nyata terhadap stabilitas vitamin C dan viskositas sirup, serta memengaruhi mutu mikrobiologis selama penyimpanan. Kombinasi perlakuan pemanasan singkat dan konsentrasi gula menengah menghasilkan karakteristik mutu sirup terbaik. Secara mikrobiologis, sirup ceremai aman dikonsumsi hingga tiga minggu penyimpanan pada suhu kamar.

Kata kunci: Ceremai ; Vitamin C ; Viskositas ; Mikrobiologi

ABSTRACT

Ceremai (*Phyllanthus acidus* L.) fruit has potential to be developed into fruit syrup; however, product quality and safety are strongly influenced by heating conditions and sugar concentration. This study aimed to evaluate the effects of heating duration and sugar concentration on vitamin C content, viscosity, and microbiological quality of ceremai syrup. The study employed a factorial completely randomized design with two factors, namely heating duration and sugar concentration, and assessed the chemical, physical, and microbiological characteristics of the product during room-temperature storage. The results showed that both factors significantly affected vitamin C stability and syrup viscosity, as well as influenced microbiological quality during storage. A combination of shorter heating duration and moderate sugar concentration produced the best overall syrup quality. From a microbiological perspective, ceremai syrup was safe for consumption for up to three weeks of storage at room temperature.

Keywords: Ceremai ; Vitamin C ; Viscosity ; Microbiology

PENDAHULUAN

Sirup merupakan larutan gula pekat yang banyak digunakan dalam industri pangan karena berfungsi sebagai pemanis, pengental, sekaligus agen pengawet alami. Mutu sirup sangat dipengaruhi oleh komposisi bahan dan kondisi proses pengolahan, terutama perlakuan panas dan kadar gula yang digunakan, karena kedua faktor tersebut menentukan sifat fisik, kimia, dan stabilitas produk selama penyimpanan (Clarke, 2003).

Penilaian mutu sirup berbasis buah umumnya mencakup parameter kimia, fisik, mikrobiologis, dan sensoris, yang berperan penting dalam menentukan penerimaan konsumen dan keamanan produk. Studi pada sirup buah kurma menunjukkan bahwa kualitas produk sirup sangat dipengaruhi oleh formulasi dan proses pengolahan yang digunakan (Julai et al., 2023). Selain itu, stabilitas fisikokimia dan mikrobiologis merupakan faktor kunci dalam menentukan mutu dan daya simpan produk cair berbasis buah, termasuk sirup dan jus buah (Dippong et al., 2025).

Dalam beberapa tahun terakhir, pemanfaatan buah dan produk samping buah sebagai bahan pangan bernilai tambah semakin mendapat perhatian, seiring meningkatnya kebutuhan akan produk pangan fungsional dan berkelanjutan. Namun demikian, pengembangan produk berbasis buah lokal masih menghadapi tantangan terkait aspek keamanan, mutu, dan stabilitas produk (Hasan et al., 2024). Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih komprehensif mengenai pengaruh proses pengolahan terhadap mutu produk.

Proses ekstraksi dan penguapan pada pembuatan sirup dilaporkan berpengaruh signifikan terhadap sifat fisikokimia, fungsional, dan kandungan nutrisi produk akhir. Pemilihan kondisi pemanasan yang tepat menjadi faktor penting untuk menjaga kualitas nutrisi dan karakteristik fisik sirup (Julai et al., 2023). Meskipun demikian, penelitian yang mengkaji secara simultan pengaruh lama pemanasan dan konsentrasi gula terhadap mutu kimia, fisik, dan mikrobiologis sirup dari buah lokal, seperti ceremai (*Phyllanthus acidus* L.), masih terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh lama pemanasan dan konsentrasi gula terhadap kadar vitamin C, viskositas, dan mutu mikrobiologis sirup ceremai sebagai upaya pengembangan produk sirup buah lokal yang bermutu dan aman dikonsumsi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Eksakta Universitas Kristen Artha Wacana Kupang. Penelitian menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh proses pengolahan terhadap mutu sirup ceremai (*Phyllanthus acidus* L.).

Rancangan Percobaan

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah lama pemanasan, terdiri atas dua taraf yaitu 4 menit dan 8 menit. Faktor kedua adalah konsentrasi gula, terdiri atas tiga taraf yaitu 60%, 70%, dan 80%. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan dalam beberapa ulangan untuk memperoleh data yang representatif.

Pembuatan Sirup Ceremai

Sirup ceremai dibuat dari sari buah ceremai yang dicampur dengan larutan gula sesuai perlakuan. Campuran dipanaskan pada suhu mendekati titik didih dengan lama pemanasan sesuai taraf perlakuan hingga diperoleh sirup dengan konsistensi homogen. Produk yang dihasilkan kemudian didinginkan dan disimpan pada suhu kamar untuk pengujian mutu dan daya simpan.

Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi kadar vitamin C, yang dianalisis menggunakan metode titrasi iodometri; viskositas, yang diukur menggunakan viskotester; serta mutu mikrobiologis, yang ditentukan melalui metode Total Plate Count (TPC) menggunakan media standar. Pengujian mikrobiologis dilakukan pada produk awal dan setelah penyimpanan suhu kamar untuk mengevaluasi kestabilan mikrobiologis sirup.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut untuk membandingkan antarperlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Vitamin C

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa lama pemanasan dan konsentrasi gula berpengaruh nyata terhadap kadar vitamin C sirup ceremai (Tabel 1). Secara umum, kadar vitamin C lebih tinggi pada perlakuan dengan lama pemanasan 4 menit dibandingkan 8 menit pada semua tingkat konsentrasi gula. Selain itu, peningkatan konsentrasi gula cenderung meningkatkan kadar vitamin C yang tersisa dalam produk sirup.

Tabel 1. Nilai Rata-Rata Kadar Vitamin C Sirup Ceremai

Perlakuan / factor	A1 (waktu pemanasan 4 menit)	A2 (waktu pemanasan 8 menit)
B1 (konsentrasi gula 60%)	9,043 a B	6,233 b C

Perlakuan / factor	A1 (waktu pemanasan 4 menit)	A2 (waktu pemanasan 8 menit)
B2 (konsentrasi gula 70%)	9,913 a B	7,613 b B
B3 (konsentrasi gula 80%)	11,253 a A	8,820 b A

Penurunan kadar vitamin C pada perlakuan pemanasan yang lebih lama menunjukkan bahwa durasi pemanasan merupakan faktor dominan dalam degradasi asam askorbat pada sirup. Vitamin C bersifat termolabil dan mudah teroksidasi selama proses pemanasan, terutama pada kondisi suhu tinggi dan keberadaan oksigen terlarut, sehingga mempercepat pembentukan dehidroaskorbat dan senyawa degradasi lanjutan (Thuy et al., 2020; Yin et al., 2022). Temuan ini sejalan dengan berbagai laporan pada produk buah dan sayuran yang menunjukkan bahwa perpanjangan waktu dan intensitas pemanasan secara signifikan menurunkan stabilitas vitamin C (Amalia et al., 2025; Narra et al., 2024).

Di sisi lain, peningkatan konsentrasi gula berkontribusi terhadap retensi vitamin C yang lebih baik, terutama pada pemanasan singkat. Gula berperan dalam menurunkan aktivitas air dan membatasi difusi oksigen melalui matriks pangan, sehingga memperlambat laju oksidasi vitamin C selama pemanasan (Koseki et al., 2001; Vu et al., 2020). Pada konsentrasi tertentu, peningkatan total padatan terlarut dapat memberikan efek protektif terhadap vitamin C selama proses termal.

Namun demikian, pengaruh konsentrasi gula terhadap stabilitas vitamin C bersifat sekunder dibandingkan lama pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun gula dapat memberikan efek perlindungan parsial, pengendalian proses termal tetap menjadi faktor utama dalam mempertahankan kualitas nutrisi sirup. Kondisi keasaman alami buah juga dapat memengaruhi stabilitas vitamin C, tetapi tidak cukup untuk mencegah degradasi apabila durasi pemanasan diperpanjang (Mieszczańska-Frać et al., 2021).

Keterbatasan penelitian ini terletak pada belum dievaluasinya variasi suhu pemanasan dan belum diterapkannya pendekatan kinetika degradasi vitamin C selama penyimpanan. Padahal, studi kinetika menunjukkan bahwa laju degradasi vitamin C sangat dipengaruhi oleh suhu, pH, oksigen, dan komposisi matriks pangan (Thuy et al., 2020).

Viskositas Sirup Ceremai

Nilai rata-rata viskositas sirup ceremai pada berbagai kombinasi lama pemanasan dan konsentrasi gula disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis menunjukkan bahwa viskositas meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gula dan lamanya pemanasan. Pada seluruh tingkat konsentrasi gula, perlakuan pemanasan 8 menit menghasilkan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan pemanasan 4 menit. Kombinasi perlakuan pemanasan 8 menit dan konsentrasi gula 80% menunjukkan nilai viskositas tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Tabel 2. Nilai Rata-Rata Viskositas Sirup Ceremai (mPa.S)

Perlakuan / factor	A1(waktu pemanasan 4menit)	A2(waktu pemanasan 8 menit)
B1 (konsentrasi gula 60%)	58,793 b B	80,000 a B
B2 (konsentrasi gula 70%)	68,833 b A	86,987 a B
B3 (konsentrasi gula 80%)	71,810 b A	110,733 b A

Peningkatan viskositas sirup ceremai terutama dipengaruhi oleh konsentrasi gula sebagai faktor dominan, sedangkan lama pemanasan berperan sebagai faktor pendukung. Konsentrasi gula yang lebih tinggi meningkatkan total padatan terlarut, sehingga memperbesar kekentalan sistem cairan akibat meningkatnya interaksi antarmolekul dalam matriks sirup. Temuan ini sejalan dengan laporan bahwa viskositas produk sirup sangat dipengaruhi oleh kandungan gula terlarut, pektin, dan polisakarida alami dari bahan buah (Belitz et al., 2009).

Lama pemanasan yang lebih panjang juga berkontribusi terhadap peningkatan viskositas melalui mekanisme penguapan air, yang menyebabkan konsentrasi gula dan padatan terlarut meningkat. Pada kondisi tersebut, larutan menjadi lebih pekat sehingga hambatan alir fluida meningkat dan nilai viskositas bertambah. Namun, pengaruh pemanasan bersifat tidak langsung dan sangat bergantung pada tingkat konsentrasi gula yang digunakan, sebagaimana dilaporkan pada sistem puree dan produk cair berbasis buah lainnya (Gundurao et al., 2011).

Secara fungsional, gula memiliki peran penting dalam sistem pangan cair melalui sifat hidrofiliknya yang memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga menurunkan fraksi air bebas dan meningkatkan kekentalan produk. Mekanisme ini menjelaskan hubungan erat antara kadar gula, aktivitas air, dan stabilitas fisik produk sirup (Clemens et al., 2016; Ergun et al., 2010).

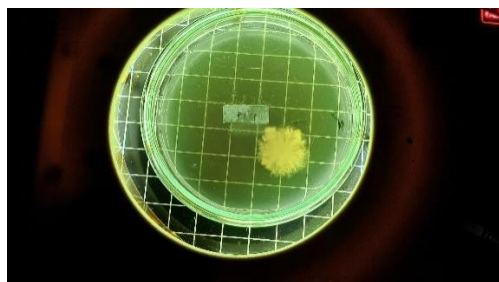
Secara struktural, sifat hidrofilik gula yang memiliki gugus hidroksil memungkinkan terjadinya ikatan hidrogen dengan molekul air, sehingga menurunkan fraksi air bebas dan meningkatkan kekentalan produk. Oleh karena itu, peningkatan viskositas pada konsentrasi gula tinggi mencerminkan kombinasi efek penurunan kadar air bebas dan peningkatan total padatan terlarut dalam sistem sirup (Ellis et al., 2019; Wang et al., 2025). Interaksi gula–air–polisakarida ini berperan penting dalam membentuk struktur matriks cair yang lebih stabil dan kental.

Meskipun kombinasi pemanasan 8 menit dan konsentrasi gula 80% menghasilkan viskositas tertinggi, nilai viskositas yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan kemudahan alir dan kenyamanan konsumsi. Kondisi ini menunjukkan bahwa viskositas maksimum tidak selalu identik dengan mutu produk terbaik. Oleh karena itu, perlakuan dengan konsentrasi gula menengah (70%) dan pemanasan relatif singkat atau sedang dapat dianggap lebih seimbang dari sisi sifat fisik dan potensi penerimaan produk (Belitz et al., 2009; Ellis et al., 2019).

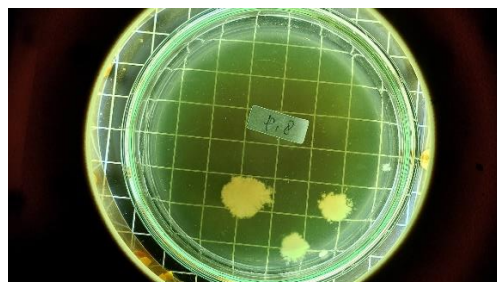
Keterbatasan penelitian ini terletak pada belum dikajinya hubungan viskositas dengan karakteristik reologi non-Newtonian sirup, sehingga perilaku alir produk belum menggambarkan secara komprehensif. Selain itu, kontribusi pektin alami ceremai terhadap viskositas belum dianalisis secara terpisah dari pengaruh gula, padahal interaksi gula–pektin–air diketahui berperan penting dalam pembentukan struktur dan sifat reologi sistem pangan cair (Alam et al., 2024; Ghebremedhin et al., 2024; Sato et al., 2004).

Uji Mikrobi

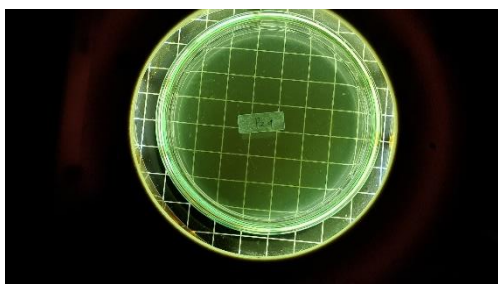
Hasil pengujian mikrobiologis menunjukkan bahwa jumlah koloni mikroba pada sirup ceremai dipengaruhi oleh kombinasi lama pemanasan dan konsentrasi gula (Tabel 3 dan Gambar 1–6). Secara umum, jumlah koloni yang terdeteksi relatif rendah pada seluruh perlakuan, dengan variasi antar kombinasi perlakuan.



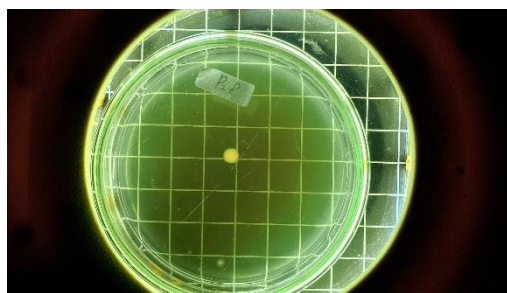
Keterangan : Total 1 Koloni
Gambar 1. Perlakuan A1B1 (P1 4 menit)



Keterangan : Total 3 Koloni
Gambar 2. Perlakuan A2 B1 (P1 8 Menit)



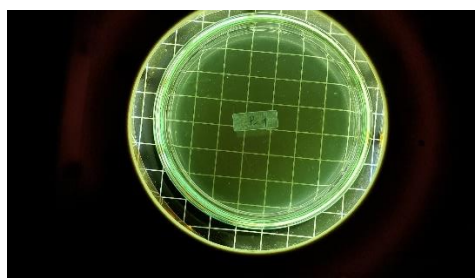
Keterangan : - Koloni
Gambar 3. Perlakuan A1B2 (P2 4 menit)



Keterangan : Total 1 Koloni
Gambar 4 Perlakuan A2B2 (P2 8 menit)



Keterangan : Total 2 Koloni
Gambar 5 Perlakuan A1B3 (P3 4 menit)



Keterangan : Total – Koloni
Gambar 6. Perlakuan A2B3 (P3, 8 menit)

Perlakuan dengan konsentrasi gula 70% dan pemanasan 4 menit (A1B2) menunjukkan tidak terdeteksinya koloni mikroba, sedangkan perlakuan dengan konsentrasi gula lebih rendah atau pemanasan lebih lama masih menunjukkan keberadaan koloni dalam jumlah terbatas. Setelah penyimpanan selama empat minggu pada suhu kamar, perlakuan terpilih (A1B2) tetap menunjukkan tidak adanya pertumbuhan mikroba (Gambar 7), menunjukkan kestabilan mikrobiologis yang relatif baik selama periode penyimpanan tersebut.



Gambar 7. Perlakuan A1B2

Tabel 3. Jumlah koloni mikroba pada sirup ceremai (CFU/mL)

Sampel	CFU / ml
A1B1	1000 CFU/mL
A2B1	3000 CFU/mL
A1B2	-
A2B2	1000 CFU/mL
A1B3	2000 CFU/mL

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gula dan lama pemanasan berperan secara sinergis dalam menekan pertumbuhan mikroba pada sirup ceremai. Pemanasan berfungsi sebagai perlakuan awal untuk menurunkan populasi mikroba, sedangkan gula berperan dalam menghambat pertumbuhan lanjutan selama penyimpanan. Mekanisme utama penghambatan mikroba oleh gula terjadi melalui penurunan aktivitas air (a_w) dan peningkatan tekanan osmotik,

sehingga lingkungan menjadi kurang mendukung bagi metabolisme dan proliferasi mikroorganisme (Beuchat, 1981; Leistner & Gould, 2002).

Pada produk pangan dengan kadar gula tinggi, penurunan aktivitas air menyebabkan sel mikroba mengalami stres osmotik, gangguan keseimbangan air sel, serta hambatan proses metabolisme primer. Meskipun beberapa mikroorganisme osmotoleran masih dapat bertahan, sebagian besar bakteri patogen tidak mampu tumbuh pada kondisi aktivitas air yang rendah (Mizzi et al., 2020).

Perlakuan dengan konsentrasi gula menengah (70%) dan pemanasan relatif singkat (4 menit) menunjukkan hasil mikrobiologis terbaik. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kombinasi tersebut cukup efektif dalam menekan mikroba tanpa menyebabkan degradasi mutu produk akibat pemanasan berlebih. Temuan ini sejalan dengan penelitian pada sirup buah lain yang menunjukkan bahwa pengendalian mikrobiologis yang optimal dicapai melalui keseimbangan antara intensitas pemanasan dan kadar gula selama penyimpanan suhu kamar (Ouaabou et al., 2024).

Sebaliknya, pemanasan yang lebih lama tidak selalu menghasilkan penurunan jumlah mikroba yang lebih besar. Efektivitas pemanasan sangat dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme, struktur matriks pangan, serta ketersediaan air dan nutrisi dalam sistem pangan. Pada beberapa kondisi, perlakuan panas yang berlebihan justru berpotensi menurunkan mutu fisik dan nutrisi produk tanpa memberikan peningkatan signifikan terhadap stabilitas mikrobiologis (Microbiological Specifications for, 2011).

Meskipun gula dapat berperan sebagai substrat energi bagi mikroba, pada konsentrasi tinggi gula justru menciptakan tekanan osmotik yang menghambat pertumbuhan bakteri, kapang, dan khamir. Pada kondisi ini, sebagian besar mikroorganisme patogen tidak mampu berkembang karena keterbatasan air bebas untuk aktivitas metabolik, meskipun beberapa mikroorganisme osmotoleran masih berpotensi bertahan. Temuan ini sejalan dengan konsep bahwa produk sirup dengan kadar gula tinggi umumnya memiliki aktivitas air rendah, sehingga lebih stabil secara mikrobiologis (Beuchat, 1981; Rahman M. S., 2007).

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa mutu mikrobiologis tidak ditentukan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh keseimbangan antara intensitas pemanasan dan konsentrasi gula. Kombinasi perlakuan yang tepat mampu menghasilkan produk dengan tingkat keamanan mikrobiologis yang baik tanpa harus meningkatkan intensitas pemanasan atau kadar gula secara berlebihan, sebagaimana dilaporkan pada berbagai produk sirup dan pangan bergula lainnya (Leistner & Gould, 2002; Ouaabou et al., 2024).

Penelitian ini belum mengidentifikasi jenis mikroorganisme spesifik yang tumbuh selama penyimpanan, sehingga evaluasi masih terbatas pada jumlah koloni total. Selain itu, pengujian aktivitas air (a_w) dan pH belum dilakukan secara langsung, sehingga hubungan kuantitatif antara parameter fisikokimia dan pertumbuhan mikroba belum dapat dianalisis secara mendalam.

KESIMPULAN

Lama pemanasan dan konsentrasi gula berpengaruh signifikan terhadap kadar vitamin C, viskositas, dan mutu mikrobiologis sirup cermai. Pemanasan yang lebih singkat mampu mempertahankan kadar vitamin C, sedangkan peningkatan konsentrasi gula berperan dominan dalam meningkatkan viskositas dan menekan pertumbuhan mikroba. Kombinasi pemanasan 4 menit dan konsentrasi gula 70% menghasilkan karakteristik mutu sirup yang paling seimbang, ditinjau dari stabilitas nutrisi, sifat fisik, dan keamanan mikrobiologis. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa optimasi proses termal dan formulasi gula dapat menghasilkan sirup cermai yang aman dikonsumsi hingga tiga minggu penyimpanan pada suhu kamar tanpa penambahan bahan pengawet.

DAFTAR PUSTAKA

Alam, M., Pant, K., Brar, D. S., Dar, B. N., & Nanda, V. (2024). Exploring the versatility of diverse hydrocolloids to transform techno-functional, rheological, and nutritional attributes of food fillings. *Food Hydrocolloids*, 146, 109275. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109275>

- Amalia, N., Nur afifah, S., Nur Hidayat, A., Setiawan, W., Erlita Budiarti, E., Yusuf Faturochman Program studi Teknologi Pangan, H., Teknologi dan Bisnis, F., & Bakti, U. (2025). Impact of storage and processing on vitamin c in fresh vegetables. *Nutrition Scientific Journal*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.37058/nsj.v4i1.14051>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry. In *Food Chemistry*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Beuchat, L. (1981). Microbial stability as affected by water activity. *Cereal Foods World*.
- Clarke, M. A. (2003). SYRUPS. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5711–5717. <https://doi.org/10.1016/b0-12-227055-x/01175-5>
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S. Y., Mayhew, E. J., Slavin, J. L., & Zivanovic, S. (2016). Functionality of Sugars in Foods and Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 433–470. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12194>
- Dippong, T., Pop, F., Voşgan, Z., & Mihali, C. (2025). Quality of fruit juices in terms of physico-chemical, microbiological, thermal and antioxidant properties, evaluation of stability during storage. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1656271. <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1656271>
- Ellis, A. L., Mills, T. B., Norton, I. T., & Norton-Welch, A. B. (2019). The effect of sugars on agar fluid gels and the stabilisation of their foams. *Food Hydrocolloids*, 87(14), 371–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.08.027>
- Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(2), 162–192. <https://doi.org/10.1080/10408390802248833>
- Ghebremedhin, M., Seiffert, S., & Vilgis, T. A. (2024). Effects of sugar molecules on the rheological and tribological properties and on the microstructure of agarose-based fluid gels. *Frontiers in Soft Matter*, 4, 1363898. <https://doi.org/10.3389/frsfm.2024.1363898>
- Gundurao, A., Ramaswamy, H. S., & Ahmed, J. (2011). Effect of soluble solids concentration and temperature on thermo-physical and rheological properties of mango puree. *International Journal of Food Properties*, 14(5), 1018–1036. <https://doi.org/10.1080/10942910903580876>
- Hasan, M. M., Islam, M. R., Haque, A. R., Kabir, M. R., Khushe, K. J., & Hasan, S. M. K. (2024). Trends and challenges of fruit by-products utilization: insights into safety, sensory, and benefits of the use for the development of innovative healthy food: a review. *Bioresources and Bioprocessing*, 11(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00722-8>
- Julai, K., Sridonpai, P., Ngampeerapong, C., Tongdonpo, K., Suttisansanee, U., Kriengsinyos, W., On-Nom, N., & Tangsuphoom, N. (2023). Effects of Extraction and Evaporation Methods on Physico-Chemical, Functional, and Nutritional Properties of Syrups from Barhi Dates (*Phoenix dactylifera* L.). *Foods* 2023, Vol. 12, 12(6). <https://doi.org/10.3390/foods12061268>
- Koseki, H., Akima, C., Ohasi, K., & Sakai, T. (2001). Effect of sugars on decomposition and browning of vitamin C during heating storage. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 48(4), 268–276. <https://doi.org/10.3136/nskkk.48.268>
- Leistner, L., & Gould, G. W. (2002). Hurdle Technologies. *Food Engineering Series*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0743-7>
- Microbiological Specifications for, I. C. on. (2011). *Microorganisms in Foods 8. Microorganisms in Foods 8*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9374-8>
- Mieszczakowska-Frać, M., Celejewska, K., & Płocharski, W. (2021). Impact of Innovative Technologies on the Content of Vitamin C and Its Bioavailability from Processed Fruit and Vegetable Products. *Antioxidants*, 10(1), 54. <https://doi.org/10.3390/antiox10010054>
- Mizzi, L., Maniscalco, D., Gaspari, S., Chatzitzika, C., Gatt, R., & Valdramidis, V. P. (2020). Assessing the individual microbial inhibitory capacity of different sugars against pathogens commonly found in food systems. *Letters in Applied Microbiology*, 71(3), 251–258. <https://doi.org/10.1111/lam.13306>
- Narra, F., Piragine, E., Benedetti, G., Ceccanti, C., Florio, M., Spezzini, J., Troisi, F., Giovannoni, R., Martelli, A., & Guidi, L. (2024). Impact of thermal processing on polyphenols,

- carotenoids, glucosinolates, and ascorbic acid in fruit and vegetables and their cardiovascular benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(6), e13426. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13426>
- Ouaabou, R., Hssaini, L., Ennahli, S., & Alahyane, A. (2024). Evaluating the impact of storage time and temperature on the stability of bioactive compounds and microbial quality in cherry syrup from the 'Burlat' cultivar. *Discover Food* 2024 4:1, 4(1), 83-. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00133-4>
- Rahman M. S. (2007). *Handbook of Food Preservation* Second Edition.
- Sato, Y., Kawabuchi, S., Irimoto, Y., & Miyawaki, O. (2004). Effect of water activity and solvent-ordering on intermolecular interaction of high-methoxyl pectins in various sugar solutions. *Food Hydrocolloids*, 18(4), 527–534. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2003.09.001>
- Thuy, N. M., Ha, H. T. N., & Tai, N. V. (2020). Kinetics of ascorbic acid loss during thermal treatment in different pH buffer solutions and the presence of oxygen. *Journal Homepage*, 4(5), 1513–1519. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(5\).130](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(5).130)
- Vu, T. P., He, L., McClements, D. J., & Decker, E. A. (2020). Effects of water activity, sugars, and proteins on lipid oxidative stability of low moisture model crackers. *Food Research International*, 130. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108844>
- Wang, Q., Sala, G., & Scholten, E. (2025). Functionality of sugars and sugar replacers in model frozen dessert systems. *Current Research in Food Science*, 11(8), 101128. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2025.101128>
- Yin, X., Chen, K., Cheng, H., Chen, X., Feng, S., Song, Y., & Liang, L. (2022). Chemical Stability of Ascorbic Acid Integrated into Commercial Products: A Review on Bioactivity and Delivery Technology. *Antioxidants*, 11(1), 153. <https://doi.org/10.3390/antiox11010153>