

Evaluasi Suhu Pemekatan untuk Produksi Susu Madu Kental Manis

Anang Lastriyanto^{1*}, Agung Sugeng Widodo², Atiek Iriany³, Elya Mufidah¹, Premy Puspitawati Rahayu⁴, Mahmuddin Ridlo¹

¹Departemen Teknik Biosistem, Fakultas Teknologi Agroindustri dan Biosistem, Universitas Brawijaya

²Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

³Departemen Statistika, Fakultas Sains Teknologi dan Matematika, Universitas Brawijaya

⁴Departemen Nutrisi, Fakultas Sains dan Teknologi Peternakan, Universitas Brawijaya

*Email Korespondensi: anangl@ub.ac.id

Abstrak

Susu madu kental manis merupakan produk olahan berbasis susu yang dikembangkan melalui proses pemekatan dengan penambahan madu sebagai pemanis alami sekaligus sumber padatan terlarut. Pengendalian suhu pemekatan menjadi aspek penting karena berpengaruh terhadap pembentukan kekentalan, efisiensi proses, dan perubahan mutu fisikokimia produk. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh suhu pemekatan terhadap karakteristik fisikokimia susu madu kental manis. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor dengan empat taraf suhu pemekatan, yaitu 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, masing-masing dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi warna, viskositas, pH, total padatan terlarut, densitas, kadar air, dan waktu pemekatan. Data dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pemekatan berpengaruh nyata terhadap viskositas dan waktu pemekatan, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap warna, pH, total padatan terlarut, densitas, dan kadar air. Peningkatan suhu pemekatan menaikkan viskositas dari $6,77 \pm 1,65$ mPa·s pada 45°C menjadi $19,83 \pm 1,84$ mPa·s pada 60°C. Sebaliknya, waktu pemekatan menurun dari $55,28 \pm 22,53$ menit menjadi $16,82 \pm 1,95$ menit. Suhu 60°C juga menghasilkan total padatan terlarut tertinggi secara rerata, yaitu $40,17 \pm 11,34$ °Brix. Berdasarkan keseimbangan antara kekentalan dan efisiensi proses, suhu 60°C ditetapkan sebagai perlakuan terpilih secara deskriptif untuk produksi susu madu kental manis.

Kata kunci: Susu Madu Kental Manis, Suhu Pemekatan, Viskositas, Total Padatan Terlarut, Waktu Pemekatan

Abstract

Sweetened condensed milk with honey is a dairy-based product developed through concentration processing with the addition of honey as a natural sweetener and a source of soluble solids. Controlling concentration temperature is an important processing factor because it affects product thickness, process efficiency, and physicochemical quality changes. This study aimed to evaluate the effect of concentration temperature on the physicochemical characteristics of sweetened condensed milk with honey. The experiment used a Completely Randomized Design with one factor consisting of four concentration temperatures, namely 45°C, 50°C, 55°C, and 60°C, with three replications for each treatment. The observed parameters included color, viscosity, pH, total soluble solids, density, moisture content, and concentration time. Data were analyzed using ANOVA at a 5% significance level. The results showed that concentration temperature significantly affected viscosity and concentration time, but did not significantly affect color, pH, total soluble solids, density, and moisture content. Increasing concentration temperature raised viscosity from 6.77 ± 1.65 mPa·s at 45°C to 19.83 ± 1.84 mPa·s at 60°C. In contrast, concentration time decreased from 55.28 ± 22.53 min to 16.82 ± 1.95 min. The 60°C treatment also produced the highest mean total soluble solids, reaching 40.17 ± 11.34 °Brix. Based on the balance between product thickness and process efficiency, the 60°C treatment was descriptively selected as the preferred condition for producing sweetened condensed milk with honey.

Keywords: *Sweetened Condensed Milk With Honey, Concentration Temperature, Viscosity, Total Soluble Solids, Concentration Time*

PENDAHULUAN

Pengembangan produk pangan berbasis susu masih memiliki ruang inovasi pada aspek formulasi dan proses, terutama untuk menghasilkan produk kental yang memiliki karakter fisikokimia terukur. Susu merupakan sistem pangan kompleks yang mengandung air, protein, lemak, laktosa, mineral, dan komponen minor lain sehingga responsnya terhadap pemanasan tidak hanya ditentukan oleh suhu, tetapi juga oleh perubahan konsentrasi padatan dan interaksi antar komponen (Fellows, 2017; Singh & Heldman, 2014). Pada produk susu kental, proses pemekatan menjadi tahapan penting karena pengurangan air dapat membentuk tekstur lebih kental, meningkatkan total padatan, dan mengubah sifat alir produk (Jouki *et al.*, 2021).

Madu berpotensi digunakan sebagai pemanis alami sekaligus sumber padatan terlarut dalam produk susu kental karena mengandung gula, asam organik, mineral, dan senyawa minor yang memberi karakter khas pada produk (Codex Alimentarius Commission, 1981; Vijan *et al.*, 2023). Namun, formulasi berbasis susu dan madu perlu dikendalikan selama pemanasan karena gula pereduksi dari madu dan laktosa dari susu dapat berpartisipasi dalam reaksi pencokelatan non-enzimatis (Shapla *et al.*, 2018; Xiang *et al.*, 2021). Oleh sebab itu, suhu pemekatan tidak hanya berfungsi mempercepat proses, tetapi juga menentukan keseimbangan antara pembentukan kekentalan, perubahan warna, dan stabilitas mutu produk.

Penelitian mengenai susu kental manis umumnya menekankan karakter mutu seperti viskositas, keasaman, warna, aktivitas air, dan perubahan selama penyimpanan (Bolshakova *et al.*, 2024; Jouki *et al.*, 2021). Sementara itu, pemantauan total padatan dan viskositas pada konsentrat susu menunjukkan bahwa kenaikan total padatan berkaitan erat dengan peningkatan kekentalan produk (Bista *et al.*, 2020). Kajian evaporasi susu juga menunjukkan bahwa pengurangan air selama pemekatan dapat mengubah karakter fisikokimia susu, sehingga pemilihan kondisi proses perlu didasarkan pada beberapa parameter mutu secara terpadu (Hariono *et al.*, 2024).

Keunikan artikel ini terletak pada evaluasi suhu pemekatan untuk menghasilkan susu madu kental manis dengan fokus pada keseimbangan antara respons proses dan mutu fisikokimia, bukan hanya pada pencapaian kekentalan akhir. Artikel ini tidak memosisikan produk sebagai susu kental manis komersial yang telah memenuhi seluruh standar komposisi, tetapi sebagai prototipe produk susu madu kental manis yang dievaluasi berdasarkan parameter terukur. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh suhu pemekatan terhadap warna, viskositas, pH, total padatan terlarut, densitas, kadar air,

dan waktu pemekatan susu madu kental manis serta menentukan suhu pemekatan terpilih secara deskriptif berdasarkan keseimbangan mutu dan efisiensi proses.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor. Faktor perlakuan adalah suhu pemekatan dengan empat taraf, yaitu 45°C, 50°C, 55°C, dan 60°C, masing-masing dengan tiga ulangan. Bahan utama yang digunakan adalah susu segar dan madu dengan perbandingan tetap, sedangkan proses pemekatan dilakukan pada kondisi alat yang sama untuk seluruh perlakuan. Parameter yang diamati meliputi warna, viskositas, pH, total padatan terlarut, densitas, kadar air, dan waktu pemekatan. Data sebelum pemekatan tidak digunakan sebagai faktor dalam analisis utama, tetapi diposisikan sebagai informasi karakteristik awal bahan.

Pengukuran total padatan terlarut dilakukan menggunakan refraktometer dan dinyatakan dalam °Brix. Viskositas diukur menggunakan viskometer dan dinyatakan dalam mPa·s. pH diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi, densitas diukur menggunakan prinsip massa per volume, dan kadar air dianalisis berdasarkan perubahan massa sampel setelah pengeringan sesuai prinsip analisis kadar air (AOAC International, 2019). Warna dinyatakan sebagai nilai perubahan warna ΔE . Waktu pemekatan dicatat dalam satuan menit sampai target proses tercapai. Data dianalisis menggunakan ANOVA satu arah pada taraf 5%; apabila hasil ANOVA tidak berbeda nyata, uji lanjut tidak ditampilkan, sedangkan interpretasi difokuskan pada kecenderungan rerata dan relevansi mutu produk (Gomez & Gomez, 1984; Montgomery, 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perubahan suhu pemekatan memberikan respons yang berbeda pada setiap parameter fisikokimia. Rangkuman nilai rerata dan standar deviasi disajikan pada Tabel 1 untuk memperlihatkan kecenderungan umum antarperlakuan. Analisis statistik menunjukkan bahwa suhu pemekatan berpengaruh nyata terhadap viskositas dan waktu pemekatan, sedangkan warna, pH, total padatan terlarut, densitas, dan kadar air tidak menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5%.

Tabel 1. Rerata Karakteristik Fisikokimia Susu Madu Kental Manis pada Berbagai Suhu Pemekatan

Parameter	45°C	50°C	55°C	60°C	Kecenderungan
Warna (ΔE)	6,01 $\pm$ 2,59	10,76 $\pm$ 4,42	11,59 $\pm$ 5,33	11,63 $\pm$ 5,04	Meningkat
Viskositas (mPa·s)	6,77 $\pm$ 1,65	9,16 $\pm$ 2,53	13,08 $\pm$ 0,35	19,83 $\pm$ 1,84	Meningkat nyata
pH	5,40 $\pm$ 0,37	5,19 $\pm$ 0,20	5,30 $\pm$ 0,06	5,13 $\pm$ 0,14	Relatif stabil
TPT (°Brix)	30,50 $\pm$ 4,77	32,00 $\pm$ 7,21	39,00 $\pm$ 13,45	40,17 $\pm$ 11,34	Meningkat
Densitas (g/mL)	1,56 $\pm$ 0,08	1,60 $\pm$ 0,09	1,53 $\pm$ 0,06	1,52 $\pm$ 0,03	Relatif stabil
Kadar air (%)	62,12 $\pm$ 10,08	66,28 $\pm$ 15,88	66,43 $\pm$ 6,59	71,11 $\pm$ 3,36	Perlu verifikasi
Waktu (menit)	55,28 $\pm$ 22,53	29,87 $\pm$ 7,11	22,63 $\pm$ 2,63	16,82 $\pm$ 1,95	Menurun nyata

Respons Warna, pH, Densitas, dan Kadar Air

Nilai perubahan warna meningkat dari 6,01 $\pm$ 2,59 pada suhu 45°C menjadi 11,63 $\pm$ 5,04 pada suhu 60°C, tetapi perbedaan tersebut tidak nyata secara statistik. Kecenderungan peningkatan warna dapat dikaitkan dengan kemungkinan perubahan komponen susu dan madu selama pemanasan. Pada sistem berbasis susu, protein dan karbohidrat dapat terlibat dalam reaksi Maillard yang menghasilkan senyawa berwarna kecokelatan (Xiang *et al.*, 2021). Keberadaan madu juga dapat memengaruhi warna karena komposisi gula dan senyawa minor madu berbeda menurut asal botani (Vijan *et al.*, 2023).

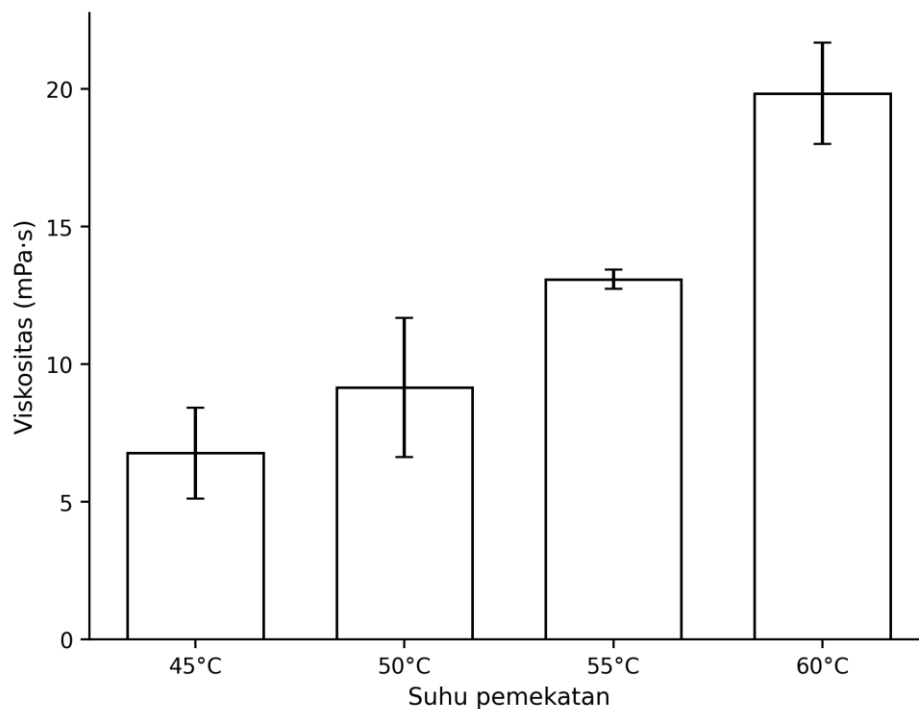
Nilai pH produk berada pada kisaran 5,13-5,40 dan tidak berbeda nyata antar suhu. Stabilitas pH ini menunjukkan bahwa rentang suhu pemekatan 45-60°C belum menghasilkan perubahan keasaman yang kuat pada produk. Pada produk berbasis susu, pH penting karena berkaitan dengan kestabilan protein dan respons produk terhadap pemanasan (Deeth, 2021). Densitas juga tidak berbeda nyata, dengan kisaran 1,52-1,60 g/mL. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan komposisi akibat pemekatan belum cukup besar untuk memunculkan perbedaan densitas yang konsisten.

Kadar air menunjukkan pola yang perlu ditafsirkan hati-hati karena nilai rerata cenderung lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi. Secara prinsip, pemekatan seharusnya mengurangi air dan meningkatkan konsentrasi padatan (Singh & Heldman, 2014). Karena pola kadar air tidak sepenuhnya sejalan dengan kecenderungan peningkatan viskositas dan total padatan terlarut, parameter ini sebaiknya diverifikasi ulang pada aspek

homogenitas sampel, prosedur pengeringan, dan perhitungan basis kadar air sebelum dijadikan dasar utama penentuan perlakuan terpilih.

Viskositas dan Total Padatan Terlarut

Viskositas meningkat nyata seiring peningkatan suhu pemekatan, dari $6,77 \pm 1,65$ mPa·s pada 45°C menjadi $19,83 \pm 1,84$ mPa·s pada 60°C . Pola ini menunjukkan bahwa suhu yang lebih tinggi mendorong pembentukan karakter produk yang lebih kental. Pada produk susu kental manis, viskositas merupakan salah satu indikator mutu penting karena berkaitan dengan tekstur, kemudahan penuangan, dan kestabilan produk (Jouki *et al.*, 2021).



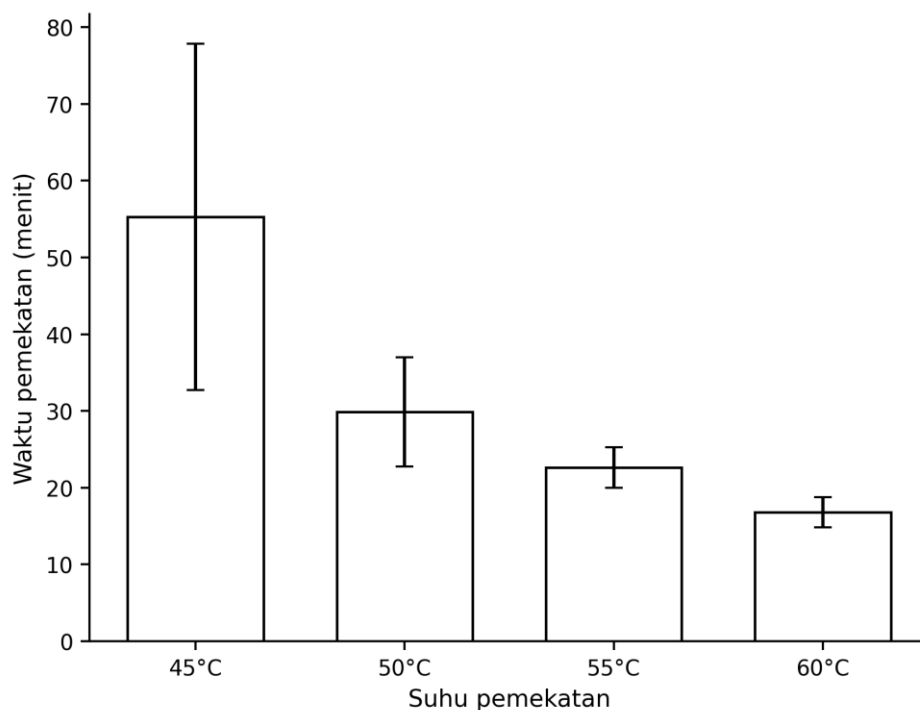
Gambar 1. Viskositas susu madu kental manis pada berbagai suhu pemekatan

Peningkatan viskositas tersebut sejalan dengan kecenderungan kenaikan total padatan terlarut. Nilai TPT meningkat secara deskriptif dari $30,50 \pm 4,77$ °Brix pada 45°C menjadi $40,17 \pm 11,34$ °Brix pada 60°C . Walaupun perbedaan TPT tidak nyata secara statistik, arah perubahan ini mendukung interpretasi bahwa pemekatan pada suhu lebih tinggi menghasilkan sistem dengan hambatan aliran lebih besar. Hubungan antara total padatan dan viskositas pada konsentrat susu telah dilaporkan oleh Bista *et al.* (2020), yang menunjukkan bahwa peningkatan total padatan berkaitan dengan peningkatan viskositas pada sistem susu pekat.

Peran madu dalam peningkatan TPT juga perlu diperhatikan karena madu mengandung gula sederhana yang menjadi bagian dari padatan terlarut produk (*Codex Alimentarius Commission, 1981*). Namun, peningkatan TPT tidak boleh ditafsirkan secara tunggal sebagai indikator mutu terbaik, sebab produk dengan padatan terlalu tinggi dapat menjadi terlalu kental dan kurang mudah dituang. Oleh karena itu, viskositas perlu dibaca bersama TPT, warna, dan waktu pemekatan.

Waktu Pemekatan dan Efisiensi Proses

Waktu pemekatan menurun nyata ketika suhu dinaikkan. Perlakuan 45°C memerlukan waktu $55,28 \pm 22,53$ menit, sedangkan perlakuan 60°C hanya memerlukan $16,82 \pm 1,95$ menit. Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu mempercepat proses penguapan dan pencapaian kondisi produk yang lebih pekat. Secara rekayasa pangan, peningkatan suhu pemanas meningkatkan gaya pendorong perpindahan panas sehingga air lebih cepat diuapkan dari bahan cair (Fellows, 2017; Singh & Heldman, 2014).



Gambar 2. Waktu pemekatan susu madu kental manis pada berbagai suhu pemekatan

Efisiensi waktu proses merupakan aspek penting karena paparan panas yang terlalu lama dapat memperbesar peluang perubahan mutu. Deeth (2021) menjelaskan bahwa proses termal pada susu dapat memengaruhi protein, karbohidrat, warna, dan kestabilan produk. Dengan demikian, suhu 60°C memberikan keuntungan proses karena

waktu pemekatan lebih singkat, tetapi tetap perlu dikendalikan agar perubahan warna dan sifat fisik produk tidak berlebihan.

Penentuan Suhu Pemekatan Terpilih

Berdasarkan pembacaan terpadu, suhu 60°C merupakan perlakuan terpilih secara deskriptif karena menghasilkan viskositas tertinggi, total padatan terlarut tertinggi secara merata, dan waktu pemekatan tercepat. Keputusan ini tidak dinyatakan sebagai kondisi optimal mutlak karena tidak didukung oleh uji sensori, uji penyimpanan, atau metode pembobotan formal. Pada sistem model susu kental manis, evaluasi mutu sebaiknya mencakup beberapa indikator, seperti viskositas, keasaman, aktivitas air, perubahan warna, dan potensi reaksi Maillard selama penyimpanan (Bolshakova *et al.*, 2024).

Temuan ini memperlihatkan bahwa suhu pemekatan terutama mengatur dua respons kunci, yaitu pembentukan kekentalan dan efisiensi waktu proses. Parameter lain seperti warna, pH, densitas, TPT, dan kadar air tetap diperlukan sebagai pengendali mutu agar keputusan proses tidak hanya didasarkan pada kecepatan pemekatan. Dengan demikian, artikel ini menempatkan suhu 60°C sebagai kondisi paling potensial untuk produksi susu madu kental manis pada kondisi penelitian, dengan catatan bahwa pengendalian warna dan verifikasi kadar air perlu dilakukan pada tahap pengembangan berikutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Suhu pemekatan memberikan pengaruh nyata terhadap viskositas dan waktu pemekatan susu madu kental manis, tetapi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap warna, pH, total padatan terlarut, densitas, dan kadar air. Kenaikan suhu dari 45°C menjadi 60°C meningkatkan viskositas dari $6,77 \pm 1,65$ mPa·s menjadi $19,83 \pm 1,84$ mPa·s dan memperpendek waktu pemekatan dari $55,28 \pm 22,53$ menit menjadi $16,82 \pm 1,95$ menit. Berdasarkan keseimbangan antara kekentalan produk dan efisiensi proses, suhu 60°C dapat dipilih secara deskriptif sebagai kondisi pemekatan yang paling potensial untuk produksi susu madu kental manis. Penelitian lanjutan disarankan melakukan verifikasi kadar air, menambahkan uji sensori, mengamati stabilitas selama penyimpanan, dan menggunakan metode pembobotan agar penetapan perlakuan terbaik dapat dilakukan secara lebih kuat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Brawijaya melalui Direktorat Riset dan Pengabdian pada Masyarakat yang mendanai riset ini melalui Program *LivingLab 2026* dan *Lab Saintek Lastrindo Engineering* atas dukungan fasilitas dan proses pengembangan prototipe. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak yang membantu proses pengujian dan pengolahan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC International. (2019). Official methods of analysis of AOAC International (21st ed.). AOAC International.
- Bista, A., Tobin, J. T., O'Donnell, C. P., & O'Shea, N. (2020). Monitoring viscosity and total solids content of milk protein concentrate using an inline acoustic flowmeter at laboratory scale. *Foods*, 9(9), 1310. <https://doi.org/10.3390/foods9091310>
- Bolshakova, E. I., Kruchinin, A. G., Turovskaya, S. N., Illarionova, E. E., Yurova, E. A., Barkovskaya, I. A., & Galstyan, A. G. (2024). Effects provided by sugar substitutes upon the quality indicators of model systems of sweetened condensed milk in storage. *Journal of Dairy Science*, 107(11), 9110-9123. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25160>
- Codex Alimentarius Commission. (1971). Standard for sweetened condensed milks CXS 282-1971. FAO/WHO.
- Codex Alimentarius Commission. (1981). Standard for honey CXS 12-1981. FAO/WHO.
- Deeth, H. C. (2021). Effects of high-temperature milk processing. *Encyclopedia*, 1(4), 1312-1321. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040098>
- Fellows, P. J. (2017). Food processing technology: Principles and practice (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). Statistical procedures for agricultural research (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Hariono, B., Kusumasari, F. C., Ikhwanudin, A. H., & Kurnianto, M. F. (2024). Study of physical and chemical characteristics of cow's milk evaporated by climbing film evaporator method. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 9(2), 259-269. <https://doi.org/10.30867/action.v9i2.1382>
- Jouki, M., Jafari, S., Jouki, A., & Khazaei, N. (2021). Characterization of functional sweetened condensed milk formulated with flavoring and sugar substitute. *Food Science & Nutrition*, 9(9), 5119-5130. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2477>
- Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments (9th ed.). John Wiley & Sons.
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M. I., & Gan, S. H. (2018). 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: Effects

on bees and human health. Chemistry Central Journal, 12, 35.
<https://doi.org/10.1186/s13065-018-0408-3>

Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014). Introduction to food engineering (5th ed.). Academic Press.

Vijan, L. E., et al. (2023). Botanical origin influence on some honey physicochemical characteristics and antioxidant properties. Foods, 12(11), 2134.
<https://doi.org/10.3390/foods12112134>

Xiang, J., et al. (2021). A literature review on Maillard reaction based on milk proteins and carbohydrates in food and pharmaceutical products: Advantages, disadvantages, and avoidance strategies. Foods, 10(9), 1998.
<https://doi.org/10.3390/foods10091998>