

Teknologi pempasteuran terkawal untuk menstabilkan warna dan kandungan mikrob puri tembikai

(Controlled pasteurization technology for stabilizing colour and microbial load in watermelon puree)

Wan Mohd Fariz Wan Azman, Asnawi Shahar, Saiful Azwan Azizan, Afiqah Aina Rahim, Zainun Mohd Shafie, Mohd Shahrir Azizan, Ahmad Fadhlul Wafiq Ab Rahman, Faewati Abdul Karim, Mohd Azmirredzuan Sani, Mohd Hafiz Mohamed Amin Tawakkal, Mohd Zaimi Zainol Abidin, Muhammad Aliq Jamaluddin, Masniza Sairi dan Teoh Chin Chuang, Nur Ilida Mohamad dan Hazniza Adnan

Kata kunci: puri tembikai, pempasteuran, rawatan herba, menyahaktif mikroorganisma, kandungan mikrob

Pengenalan

Puri tembikai merupakan produk makanan yang semakin mendapat perhatian kerana mengandungi nilai nutrisi yang baik untuk kesihatan. Pemprosesan produk daripada buah-buahan segar biasanya dilakukan bagi menghasilkan kepelbagaian produk serta sebagai salah satu kaedah mengelakkan lambakan buah-buahan. Produk berasaskan buah-buahan seperti puri buah-buahan kebiasaannya mempunyai jangka hayat yang lebih panjang berbanding dengan buah segar. Namun begitu, produk puri buah-buahan seperti puri tembikai juga masih mempunyai potensi mengalami kerosakan disebabkan oleh kehadiran mikroorganisma yang boleh menjejaskan kualiti dan keselamatan produk. Oleh itu, kawalan terhadap jumlah mikrob yang terkandung dalam puri tembikai adalah penting untuk menjamin keselamatan makanan dan meningkatkan jangka hayat produk.

Proses pempasteuran merupakan salah satu teknologi pemprosesan makanan yang biasa digunakan untuk mengurangkan jumlah mikroorganisma patogenik dan perosak dalam makanan. Kaedah ini melibatkan pemanasan bahan makanan pada suhu dan tempoh masa tertentu untuk mengekalkan kualiti serta memastikan keselamatan produk. Keberkesanan pempasteuran bergantung kepada pelbagai faktor, termasuk suhu dan masa, serta ciri fizikokimia bahan yang diproses. Faktor seperti pH, kandungan air dan kehadiran sebatian pelindung semula jadi dalam makanan memainkan peranan penting dalam menentukan sejauh mana pempasteuran dapat mencapai matlamatnya. Justeru, memahami interaksi antara suhu, masa dan sifat bahan makanan adalah kritikal dalam memastikan proses pempasteuran yang optimum untuk pelbagai jenis produk makanan.

Teknik pempasteuran telah diperkenalkan oleh Louis Pasteur yang digunakan secara meluas dalam industri makanan untuk meningkatkan keselamatan dan tempoh hayat produk seperti susu, jus buah-buahan dan produk tenusu. Antara kaedah utama pempasteuran adalah pempasteuran suhu rendah, masa lama (LTLT) pada suhu 63 °C selama 30 minit dan pempasteuran suhu tinggi, masa singkat (HTST) pada suhu 72 °C selama 15 saat yang menjadi standard dalam pempasteuran susu. Selain itu, terdapat pempasteuran ultra tinggi (UHT) pada suhu

135 – 150 °C selama 2 – 5 saat untuk menghasilkan susu yang tidak memerlukan penyejukan sebelum dibuka. Kaedah lain seperti pemprosesan tekanan tinggi (HPP) adalah menggunakan kaedah tekanan tinggi untuk membasmi mikroorganisma tanpa pemanasan, menjadikannya kaedah alternatif yang mesra nutrien. Proses ini memastikan keselamatan makanan, mengurangkan risiko penyakit bawaan makanan, serta memanjangkan jangka hayat makanan, namun produk dipasteur masih perlu disimpan bawah keadaan terkawal seperti penyejukan.

Untuk kajian ini, penggunaan kaedah pempasteuran pada suhu rendah dirasakan sesuai dengan mengambil kira faktor kos operasi yang lebih rendah dan peralatan lebih murah untuk kegunaan industri kecil dan sederhana tempatan. Penentuan suhu pempasteuran dan tempoh pemanasan yang optimum adalah penting untuk mengurangkan mikroorganisma, tetapi juga untuk mengekalkan nilai pemakanan dan khasiat nutrisi. Oleh itu, objektif kajian adalah menilai keberkesanan proses pempasteuran menggunakan mesin pemanasan elektrik pada suhu yang berbeza dalam mengawal kandungan mikrob dalam puri tembikai. Selain itu, keperluan untuk menganalisis perubahan warna juga penting kerana warna merupakan atribut visual utama yang sangat mempengaruhi penerimaan pengguna terhadap produk makanan, terutama produk berasaskan buah-buahan yang lazimnya dikaitkan dengan kesegaran dan kualiti semula jadi.

Pemprosesan puri tembikai

Penyediaan puri

Dalam kajian ini, sebanyak 20 biji tembikai tanpa biji (F1 HIBRID) telah dipilih secara rawak di Pasar Borong Selangor, Malaysia. Pemilihan buah dilakukan berdasarkan kriteria kematangan (sedia untuk dimakan), bebas daripada sebarang kecacatan fizikal atau kerosakan, serta dikelaskan sebagai bersaiz L menurut piawaian FAMA (2000). Setiap tembikai ditimbang menggunakan penimbang digital (DE-A11N, Kern, Jerman) yang mempunyai kapasiti maksimum 100 kg untuk memastikan buah dalam kategori bersaiz L.

Buah tembikai dibilas dengan air bersih dan diberus untuk menghilangkan tanah dan kotoran pada permukaan kulit. Tembikai direndam dalam air berklorin pada kepekatan 250 ppm selama 5 minit. Kepekatan bancuhan air berklorin disediakan berdasarkan saranan pengilang mengikut standard jadual klorin (Germisep, Indonesia) iaitu nisbah klorin kepada isi padu air tertentu. Tembikai kemudiannya dituskan pada suhu bilik (25 °C). Proses pengupasan dijalankan menggunakan mesin pengupas khusus (TS-P80, Tengsheng, China). Isi tembikai dipotong menjadi kepingan kecil dan jusnya diperoleh menggunakan mesin perahan menegak (buatan khas, MARDI, Malaysia).

Proses pempasteuran

Proses pempasteuran dijalankan menggunakan mesin pempasteuran pukal pemanasan elektrik (BS-100, GEMS, China) (*Gambar 1*) pada tiga suhu berbeza (60, 65, 70 °C) dan tempoh pemanasan selama 10, 20, 30 minit (tempoh pemanasan dikira apabila puri mencapai suhu keseimbangan). Analisis warna dan mikrobiologi dilaksanakan bagi menilai kualiti produk yang dihasilkan di mana analisis dijalankan sebanyak tiga replikasi.



Gambar 1. Mesin pempasteuran pukal pemanasan elektrik (BS-100, GEMS, China)

Penilaian kualiti puri tembikai

Merujuk kepada *Jadual 1*, bacaan jumlah perbezaan warna (ΔE) bagi semua suhu pempasteuran untuk proses pemanasan 30 minit menunjukkan perbezaan warna ketara iaitu melebihi nilai 1.5. Manakala bagi tempoh 10 dan 20 minit hanya berlaku sedikit perbezaan (<1.5), kecuali bagi suhu 70 °C untuk tempoh 20 minit disebabkan oleh kesan suhu yang tinggi. Sekiranya perbezaan warna dikategorikan dalam julat perubahan kecil, ini menunjukkan bahawa secara visual, tiada perubahan ketara yang dapat diperhatikan pada warna puri tembikai sebelum dan selepas proses pempasteuran. Dalam keadaan ini, warna puri tembikai kekal hampir sama, menandakan bahawa kesan haba tidak memberi impak yang signifikan ($\Delta E < 1.5$) terhadap penampilan produk. Sebaliknya, jika perubahan warna yang berlaku berada dalam kategori sangat ketara, ini menunjukkan terdapat perbezaan secara visual yang jelas kelihatan, di mana perbezaan warna puri tembikai sebelum dan selepas proses pempasteuran boleh dilihat dengan mata kasar. Perubahan ini mungkin disebabkan oleh degradasi pigmen semula jadi seperti likopena dan beta-karotena akibat pendedahan kepada suhu tinggi semasa proses pempasteuran. Semakin tinggi suhu dikenakan, semakin cepat proses degradasi pigmen.

Jadual 1. Kesan suhu dan tempoh pemanasan bagi proses pempasteuran terhadap perubahan warna puri tembikai

Rawatan suhu (°C)	Tempoh Pemanasan (min)	L*	a*	b*	ΔE
60	Kawalan (suhu bilik) (0)	32.41 ± 0.50	8.51 ± 0.54	-1.47 ± 0.45	(-)
	10	32.70 ± 0.50	8.11 ± 0.54	-1.30 ± 0.45	0.52
	20	33.02 ± 0.34	7.73 ± 0.74	-1.14 ± 0.09	1.04
	30	33.72 ± 0.40	7.13 ± 0.24	-0.97 ± 0.02	1.97
65	Kawalan (suhu bilik) (0)	30.98 ± 0.30	7.04 ± 0.10	0.77 ± 0.03	(-)
	10	31.01 ± 0.54	7.58 ± 0.59	0.94 ± 0.59	0.57
	20	31.39 ± 0.65	8.12 ± 0.92	1.10 ± 0.65	1.2
	30	31.54 ± 0.64	8.66 ± 0.50	1.27 ± 0.51	1.79
70	Kawalan (suhu bilik) (0)	32.99 ± 1.01	5.7 ± 0.43	-1.50 ± 0.25	(-)
	10	33.33 ± 0.46	6.27 ± 0.35	-0.94 ± 0.58	0.87
	20	33.63 ± 0.45	6.84 ± 0.45	-0.38 ± 0.27	1.72
	30	34.28 ± 0.40	7.42 ± 0.25	0.18 ± 0.18	2.73

Petunjuk: L* menunjukkan kecerahan, a* ialah koordinat merah/hijau dan b* ialah koordinat kuning/biru

** ΔE merujuk kepada perbezaan warna produk terawat dengan kawalan. Perbezaan dalam warna yang boleh dilihat boleh diklasifikasikan secara analitikal sebagai sangat ketara (ΔE>3), ketara (1.5<ΔE<3) dan perbezaan kecil (ΔE<1.5)

Secara keseluruhan, selepas pempasteuran warna puri tembikai mengalami sedikit perubahan pada suhu rendah (60 – 65 °C) bagi tempoh yang singkat (10 – 20 minit), manakala perubahan ketara bagi suhu tinggi (>65 °C) pada tempoh yang lama (> 20 minit). Nilai L* yang meningkat menunjukkan bahawa puri tembikai menjadi lebih cerah berbanding dengan sebelum proses pempasteuran yang mungkin disebabkan oleh pemecahan struktur sel yang meningkatkan penyebaran cahaya atau perubahan dalam komponen pigmen semula jadi seperti likopena dan beta-karotena. Selain itu, peningkatan nilai a* menunjukkan bahawa warna puri tembikai menjadi lebih merah. Fenomena ini boleh dikaitkan dengan peningkatan keterlarutan likopena, pigmen utama yang bertanggungjawab terhadap warna merah dalam tembikai, akibat pemanasan. Pemanasan boleh menyebabkan

perubahan struktur likopena daripada bentuk trans kepada bentuk cis yang lebih larut dalam matriks makanan, sekali gus meningkatkan keamatan warna merah. Sementara itu, peningkatan sedikit dalam nilai b^* menandakan bahawa terdapat sedikit peningkatan dalam rona kekuningan puri tembikai. Hal ini mungkin berpunca daripada perubahan dalam pigmen karotenoid lain yang menyumbang kepada warna kuning. Walaupun perubahan ini tidak terlalu ketara, ia tetap mencerminkan kesan haba terhadap keseimbangan pigmen dalam produk. Oleh itu, perubahan dalam ketiga-tiga parameter warna ini menunjukkan puri tembikai mengalami peningkatan kecerahan dan lebih menonjolkan warna kemerahan selepas proses pempasteuran dilakukan. Walau bagaimanapun, perubahan warna ini boleh dianggap sebagai sesuatu yang positif kerana peningkatan kecerahan dan keamatan warna merah menjadikan puri tembikai lebih menarik secara visual. Warna yang lebih cerah dan kemerahan cenderung meningkatkan daya tarikan produk di mata pengguna, sekali gus berpotensi meningkatkan penerimaan dan minat mereka terhadap produk tersebut.

Jika dibandingkan dengan kajian yang dijalankan oleh Sabeetha, bacaan awal warna sebelum proses pempasteuran menunjukkan bahawa nilai L^* (30 hingga 32) adalah lebih gelap berbanding dengan kajiannya, iaitu dalam julat 38 – 49. Nilai kemerahan a^* yang diperoleh (5.7 – 8.5) berada dalam julat yang hampir sama dengan kajian tersebut, iaitu 5.7 – 25.1. Sementara itu, nilai b^* yang dicatatkan (-1.50 hingga -1.47) menunjukkan tahap kekuningan yang lebih rendah berbanding dengan julat 15.2 – 32.59 dalam kajian Sabeetha. Secara keseluruhannya, perbezaan warna $L^*a^*b^*$ bagi puri tembikai menunjukkan variasi yang bergantung kepada faktor seperti varieti dan tahap kematangan tembikai.

Jadual 2 menunjukkan keputusan kesan kombinasi suhu (60, 65 dan 70 °C) dan masa pemanasan (10, 20 dan 30 minit) yang berbeza terhadap kandungan mikrob dalam produk puri tembikai. Semua puri tembikai yang dipasteur mengandungi bacaan jumlah kiraan plat [*Total Plate Count* (TPC)] serta kiraan jumlah yis dan kulat dalam had nilai yang boleh diterima (iaitu $< 10^4$ CFU/g) berdasarkan garis panduan kriteria mikrobiologi bagi produk sedia dimakan (RTE) (*Jadual 3*). Selain itu, kehadiran koliform dan *Staphylococcus aureus* juga tidak dapat dikesan selepas proses pempasteuran. Keputusan analisis mikrobiologi ini menunjukkan produk adalah selamat untuk dimakan dari segi mikrobiologi serta pemprosesan telah dilakukan dengan mengamalkan amalan kebersihan yang baik bagi mengelakkan pencemaran silang terhadap produk semasa pemprosesan. Dapatan ini juga membuktikan bahawa proses pempasteuran berkesan dalam mengurangkan kandungan mikrob bagi memastikan keselamatan mikrobiologi puri tembikai. Penurunan nilai TPC yang signifikan ($p < 0.01$) dan kandungan mikrobiologi selari dengan peningkatan suhu dan tempoh pemanasan menunjukkan bahawa pempasteuran mampu menyahaktif mikroorganisma yang terdapat dalam sampel puri tembikai. Nilai TPC yang lebih rendah secara langsung mencerminkan penurunan populasi mikrob, sekali gus memastikan keselamatan

produk untuk dimakan. Kandungan mikrob yang rendah dalam produk akhir juga akan menjamin kestabilan dan ketahanan produk yang lebih lama. Oleh yang demikian, pemilihan parameter pempasteuran yang optimum adalah kritikal dalam mengekalkan keseimbangan antara keselamatan mikrobiologi dan pemeliharaan kualiti produk akhir.

Berdasarkan analisis yang dijalankan, parameter pemanasan pada suhu 65 °C selama 10 minit dikenal pasti sebagai parameter optimum bagi pempasteuran puri tembikai. Parameter ini menghasilkan nilai TPC paling rendah, iaitu 2.0 CFU/g, serta tempoh pemanasan paling singkat yang dapat mengurangkan kesan terhadap fizikokimia puri tembikai. Kajian juga menunjukkan bahawa pempasteuran pada suhu yang lebih tinggi atau dalam tempoh pemanasan yang lebih lama berpotensi menyebabkan perubahan ketara seperti perubahan warna.

Jadual 2. Kesan rawatan suhu dan tempoh pemanasan proses pempasteuran terhadap kandungan mikrobiologi puri tembikai

Rawatan suhu (°C)	Masa (min)	Jumlah kiraan plat (TPC) (CFU/g)	Kiraan jumlah yis dan kulat (CFU/g)	Kiraan koliform (CFU/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> (CFU/g)
Kawalan (Suhu bilik)	(0)	6.0×10^2	$< 1.5 \times 10^2$	1.2×10^2	3.0×10^2
	10	3.0×10	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	20	1.0×10	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	30	9.0	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
60	(0)	8.5×10^2	$< 1.5 \times 10^2$	1.4×10^2	2.6×10^2
	10	2.0	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	20	6.5	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	30	4.0	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
Kawalan (Suhu bilik)	(0)	1.1×10^2	$< 1.0 \times 10$	1.1×10^2	4.6×10^2
	10	4.2×10	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	20	1.2×10	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$
	30	6.5×10^2	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$	$< 1.0 \times 10$

Petunjuk: Bacaan $< 1.0 \times 10$ menunjukkan mikrob yang dianalisis tidak dikesan dalam had pengesanan pada produk puri tembikai

Jadual 3. Garis panduan kriteria mikrobiologi bagi produk sedia dimakan (RTE)

Kriteria mikrobiologi dan had nilai	TPC	Kiraan jumlah yis dan kulat	<i>Enterobacteriaceae</i> (termasuk koliform)	<i>S. aureus</i>
Memuaskan	$< 10^4$	$< 10^4$	$< 10^2$	< 20
Garis sempadan	$10^4 - 10^7$	$10^4 - 10^7$	$10^2 - \leq 10^4$	$20 - \leq 10^4$
Tidak memuaskan	$\geq 10^7$	$\geq 10^7$	$> 10^4$	$> 10^4$

Sumber: United Kingdom (UK) Health Protection Agency

Kesimpulan

Implikasi kajian ini menegaskan kepentingan pengawalan parameter pempasteuran bagi mengekalkan kualiti dan keselamatan puri tembikai. Berdasarkan hasil kajian, suhu 65 °C dengan tempoh pemanasan selama 10 minit dicadangkan sebagai parameter optimum bagi pempasteuran puri tembikai kerana berjaya mengurangkan bilangan mikrob dengan nilai bacaan TPC paling rendah, iaitu 2.0 CFU/g serta tempoh pemanasan yang paling singkat. Walau bagaimanapun, ia memberi kesan terhadap fizikokimia puri tembikai di mana berlakunya perubahan warna yang ketara. Perubahan ini boleh dianggap sebagai sesuatu yang positif kerana peningkatan kecerahan dan keamatan warna merah menjadikan puri tembikai lebih menarik secara visual.

Penghargaan

Pengarang ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan kepada pihak pengurusan MARDI atas peruntukan kewangan (Projek Pembangunan PRN-521) dan juga kepada Pusat Penyelidikan Kejuruteraan atas kerjasama, sokongan, peluang dan bantuan dalam menayakan kajian ini. Tidak dilupakan juga kepada rakan-rakan ahli projek dari Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan yang telah memberikan sumbangan idea dan pengetahuan berkaitan pemprosesan tembikai.

Bibliografi

- Adekunte, A., Tiwari, B., Cullen, P., Scannell, A., & O'Donnell, C. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122, 500–507.
- Ali, M., Khan, S., & Ahmed, R. (2020). Microbial spoilage and preservation techniques in fruit pulp processing: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 645–658.
- Bac, H. S., Yemis, O., & Ozkan, M. (2023). Thermal stabilities of lycopene and β -carotene in tomato pulp and pink grapefruit juice. *Journal of Food Engineering*, 338, 111462.
- Chen, H., Sun, Y., Feng, X., Ma, L., Dai, H., Wang, H., & Zhu, H. (2023). Water-in-oil-in-water double emulsion for lycopene encapsulation and delivery: Pre-heat treatment mediated facilitation on the isomerization, stabilization, and release of lycopene. *LWT - Food Science and Technology*, 181, 114689.
- FAMA. (2002). *Spesifikasi Piawaian dan Gred Tembikai* (FS002 – 2000). Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan.
- Fellows, P. J. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (Edisi Ketiga). Woodhead Publishing.
- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (Edisi Ketujuh). Springer.
- Health Protection Agency. (2009). *Guidelines For Assessing The Microbiological Safety of Ready-To-Eat Foods*. London (United Kingdom): Health Protection Agency.
- Lewis, M. J., & Heppell, N. J. (2000). *Continuous Thermal Processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization*. Springer.

- Molteni, C., La Motta, C., & Valoppi, F. (2022). Improving the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids by means of nanostructured delivery systems: A comprehensive review. *Antioxidants*, 11(10), 1931.
- Sabeetha, S., Amin, I., & Barakatun Nisak, M. Y. 2017. Physico-chemical characteristics of watermelon in Malaysia. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, 45(2), 209–223.
- Smith, J., & Brown, L. (2019). Pasteurization techniques: Applications in the food and beverage industry. *Food Processing and Preservation*, 48(2), 125–135.
- Zhang, Y., Chen, L., & Wang, X. (2021). Impact of pasteurization temperature on the nutritional quality and microbial load of fruit-based beverages. *International Journal of Food Microbiology*, 342, 109067.

Ringkasan

Kajian ini menilai keberkesanan proses pempasteuran menggunakan mesin pemanas elektrik terhadap perubahan warna dan kandungan mikroba dalam puri tembikai tanpa biji. Sebanyak 20 biji tembikai F1 hibrid bersaiz L telah diproses bagi menghasilkan puri menggunakan sistem yang dibangunkan MARDI. Proses pempasteuran dijalankan pada tiga suhu berbeza (60, 65 dan 70 °C) dan tiga tempoh pemanasan (10, 20 dan 30 minit) menggunakan mesin pempasteuran. Penilaian warna menunjukkan bahawa suhu dan masa pemanasan yang lebih tinggi (terutama 70 °C selama 30 minit) menyebabkan perbezaan warna yang ketara ($\Delta E > 1.5$) disebabkan degradasi pigmen seperti likopena dan beta-karotena. Walau bagaimanapun, pada suhu lebih rendah (60 – 65 °C) dengan masa yang lebih singkat (10 – 20 minit), perubahan warna adalah minimum yang meningkatkan kecerahan serta keamatan warna merah puri, menjadikan produk lebih menarik secara visual. Analisis mikrobiologi menunjukkan bahawa semua rawatan pempasteuran berjaya menurunkan jumlah kiraan plat (TPC), yis dan kulat ke tahap selamat ($<10^4$ CFU/g), manakala koliform dan *Staphylococcus aureus* tidak dikesan. Parameter optimum dikenal pasti pada suhu 65 °C selama 10 minit kerana menghasilkan TPC paling rendah dengan kesan minimum terhadap kualiti warna puri. Secara keseluruhan, teknologi pempasteuran terkawal ini berpotensi memastikan keselamatan mikrobiologi dan mengekalkan kualiti visual puri tembikai, serta sesuai diaplikasikan dalam industri pemprosesan berskala kecil dan sederhana.

Summary

This study evaluates the effectiveness of the pasteurisation process using an electric heating machine on colour changes and microbial content in seedless watermelon puree. A total of 20 L-sized F1 hybrid watermelons were processed into puree using a system developed by MARDI. Pasteurisation was conducted at three different temperatures (60, 65 and 70 °C) and three heating durations (10, 20 and 30 minutes) using a pasteurisation machine. Colour assessment showed that higher temperatures and longer heating times (particularly 70 °C for 30 minutes) caused significant colour differences ($\Delta E > 1.5$) due to pigment degradation such as lycopene and beta-carotene. However, at lower temperatures (60 – 65 °C) with shorter durations (10 – 20 minutes), the colour change was minimal, resulting in increased brightness and intensity of the red hue, making the product more visually appealing. Microbiological analysis showed that all pasteurisation treatments successfully reduced the total plate count (TPC), yeast and mold to safe levels ($<10^4$ CFU/g), while coliforms and *Staphylococcus aureus* were undetected. The optimal parameter was identified

as 65 °C for 10 minutes, as it yielded the lowest TPC with minimal impact on purée colour quality. Overall, this controlled pasteurisation technology has the potential to ensure microbiological safety while maintaining the visual quality of watermelon purée, making it suitable for application in small and medium-scale food processing industries.

Pengarang

Wan Mohd Fariz Wan Azman

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

E-mel: wmfariz@mardi.gov.my

Asnawi Shahr, Saiful Azwan Azizan, Afiqah Aina Rahim, Zainun Mohd Shafie (Dr.), Mohd Shahrir Azizan (Ts.), Ahmad Fadhlul Wafiq Ab Rahman, Faewati Abdul Karim, Mohd Azmirredzuan Sani, Mohd Hafiz Mohamed Amin Tawakkal, Mohd Zaimi Zainol Abidin, Muhammad Aliq Jamaluddin, Masniza Sairi (Dr.) dan Teoh Chin Chuang (Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Nur Ilida Mohamad (Dr.) dan Hazniza Adnan (Datin Dr.)

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor