

## Penentuan kandungan sitrulina, likopena dan jumlah kandungan karotenoid dalam gegulung tembikai sepanjang tempoh penyimpanan

(Determination of citrulline, lycopene and total carotenoid content in watermelon rolls)

Hasnisa Hashim, Nur Farah Hani Muhamad, Nurul Nabilah Mohd Fiteri, Adawiyah Akbar dan Norman Isman

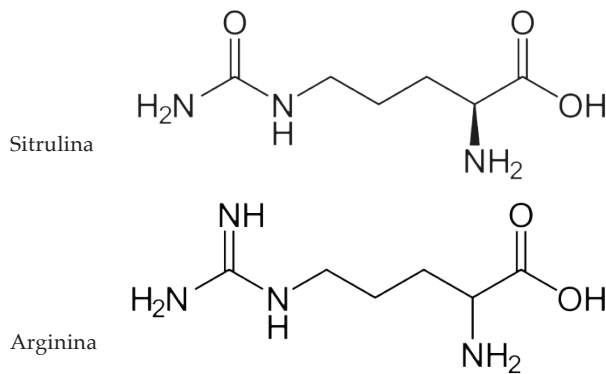
### Pengenalan

Tembikai atau dikenali sebagai timun Cina, semangka atau mendikai adalah buah tropika yang berasal dari selatan Afrika. Tumbuhan ini sesuai ditanam di kawasan subtropika atau tropika di mana tumbuhan ini hidup subur pada iklim bersuhu lebih daripada 25 °C dengan pH tanah sekitar 5.5 – 7.0. Di Malaysia, tembikai banyak ditanam di Kelantan dan Pahang di mana keluasan bertanam masing-masing mencecah lebih 2,000 hektar. Menurut statistik tanaman yang dikeluarkan oleh Jabatan Pertanian Malaysia, keluasan bertanam bagi tumbuhan tembikai meningkat dari tahun 2021 (7,568 hektar) hingga 2023 (8,523 hektar) dengan pengeluaran sebanyak 127,895 tan metrik pada tahun 2021 dan 139,753 tan metrik pada tahun 2023.

Tembikai atau nama saintifiknya *Citrullus lanatus* tergolong dalam famili Cucurbitaceae yang tumbuh menjalar di atas tanah, batangnya mempunyai rerambut putih yang halus dan daun yang berlekuk (3 – 25 cm panjang, 2 – 19 cm lebar). Buah tembikai mempunyai kulit yang tebal, keras, licin dan berwarna hijau dengan lorekan hijau gelap. Di sebalik kulit hijau tersebut, kulit ini dilapisi dengan lapisan berwarna putih yang kaya dengan sebatian sitrulina. Isi/pulpa tembikai yang berwarna merah atau kuning adalah bergantung kepada jenis kultivar/varieti tembikai. Tembikai mempunyai kandungan nutrisi yang baik untuk kesihatan seperti kandungan serat yang tinggi, kaya dengan mineral, vitamin, asid amino dan juga antioksidan. Selain dapat mengekalkan hidrasi badan dengan kandungan air yang tinggi iaitu sekitar 90%, tembikai juga memberikan manfaat kesihatan lain, antaranya menyokong sistem imuniti badan, mengawal tekanan darah, baik untuk kesihatan kulit dan mata, membantu fungsi otot, mengurangkan risiko kanser dan membantu kesihatan jantung.

Tembikai merupakan sumber semula jadi bagi sebatian sitrulina, arginina dan likopena iaitu sebatian fitokimia yang dikaitkan dengan pengurangan risiko kepada beberapa penyakit kanser dan peningkatan vasodilatasi dalam tisu badan. Sitrulina adalah asid amino bukan protein yang boleh didapati dengan kuantiti yang banyak di dalam tembikai berbanding dengan tumbuhan lain. Isi tembikai dan lapisan putih di antara kulit hijau dan isi tembikai mengandungi asid amino sitrulina yang tinggi.

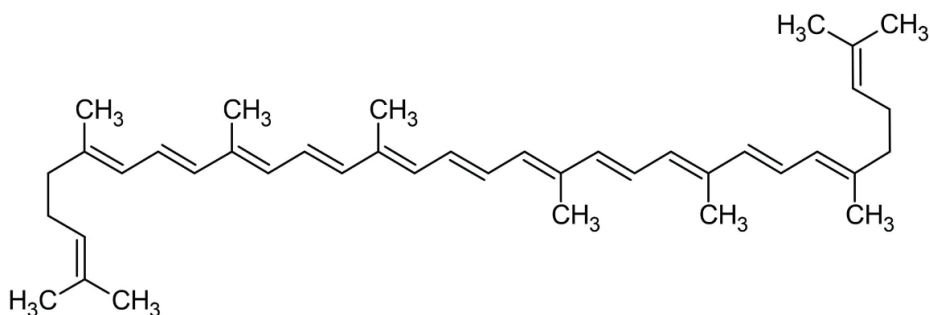
Sitrulina atau nama IUPAC-nya 2-amino-5-(carbamoylamino) asid pentanoik mempunyai formula molekul  $C_6H_{13}N_3O_3$  (*Gambar rajah 1*). Nisbah nitrogen kepada karbon yang tinggi pada sitrulina memainkan peranan dalam metabolisme manusia dan juga tumbuh-tumbuhan. Sitrulina akan ditukarkan oleh tubuh badan kepada arginina, iaitu sejenis asid amino yang mampu melancarkan peredaran darah dan mengendurkan saluran darah. Sebatian ini juga membantu mengurangkan kadar degupan jantung dan sakit otot yang dialami atlet. Selain itu, sitrulina juga merupakan pemusnah radikal hidroksil yang cekap dan merupakan antioksidan yang kuat. Sitrulina juga mampu meningkatkan tahap nitrik oksida dalam badan yang membantu menurunkan tekanan darah dalam badan.



(Sumber: Johnson et al. 2021)

*Gambar rajah 1. Struktur kimia sebatian sitrulina dan arginina*

Isi tembikai yang berwarna merah pula mengandungi likopena yang tinggi iaitu sejenis sebatian karotenoid yang hadir secara semula jadi dalam buah-buahan dan sayur-sayuran berwarna merah (betik, tembikai, tomato, *pink guava*, lada merah dan lain-lain). Likopena ialah isomer daripada sebatian karotena (sebatian karotenoid berwarna kuning-jingga) di mana kedua-duanya mempunyai formula molekul yang sama,  $C_{40}H_{56}$ , tetapi berbeza dari segi struktur kimia. Struktur kimia likopena ditunjukkan seperti dalam *Gambar rajah 2*.



(Sumber: Kumar et al. 2017)

Gambar rajah 2. Struktur kimia sebatian likopena dengan berat molekul 536.9 g/mol

Likopena ialah antioksidan yang kuat (*most potent antioxidant*) dan bukan provitamin-A dengan sifat penyingkir oksigen tunggal dan mempunyai keupayaan untuk memerangkap radikal peroksil yang memudaratkan kesihatan badan manusia. Likopena berfungsi melindungi biomolekul daripada kerosakan oksidatif yang menghalang percambahan sel dan memodulasi komunikasi antara sel ke sel. Sifat pemusnah radikal bebas likopena adalah sepuluh kali ganda daripada tokoferol, iaitu dengan kata lain 100 kali lebih cekap daripada vitamin-E. Selain bertindak sebagai antioksidan, likopena juga mempunyai sifat neuroprotektif dan antiradang. Pengambilan likopena yang tinggi dikaitkan dengan pencegahan penyakit kronik seperti kanser, penyakit kardiovaskular dan gangguan saraf.

Bagi menyahut saranan kerajaan dalam membangunkan makanan untuk kesihatan, Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan MARDI telah membangunkan produk gegulung tembikai dengan kandungan sitrulina daripada puri isi dan kulit tembikai. Kajian ini dilaksanakan bagi menentukan kestabilan kandungan sebatian aktif dalam gegulung tembikai sepanjang kajian jangka hayat penyimpanan produk.

### **Pemprosesan gegulung tembikai**

#### ***Penyediaan puri isi dan kulit tembikai***

Buah tembikai dibeli dari Pasar Borong Selangor, Seri Kembangan, Selangor. Buah tembikai dicuci bersih dan kulit luar tembikai yang berwarna hijau tua dibuang. Buah tembikai dipotong kepada dua bahagian di mana bahagian isi dan kulit (putih) tembikai diasingkan. Kemudian, isi dan kulit tembikai dikisar secara berasingan sehingga menjadi puri. Puri isi dan kulit tembikai yang telah siap dikisar, dibungkus ke dalam beg aluminium polietilena (Al/PE) dan disimpan pada suhu sejuk beku ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) sehingga digunakan.

### ***Pemrosesan gegulung tembikai***

Gegulung tembikai disediakan dengan memanaskan puri isi dan kulit tembikai bersama bahan-bahan lain iaitu gula, sirap glukosa, maltodekstrin, asid sitrik, minyak sayuran, pektin, air, perisa dan kalium sorbat pada suhu 90 °C selama 5 minit. Kemudian, campuran ditimbang sebanyak 500 g dan dituang ke dalam dulang pengering yang dialas dengan *pad* silikon dan dikeringkan pada suhu 60 °C di dalam pengering kabinet selama 11 jam. Setelah kering, kepingan gegulung tembikai dipotong (5 cm × 10 cm), digulung, disusun di dalam *slotted tray* dan dibungkus menggunakan dua jenis bahan pembungkus berbeza iaitu aluminium polietilena (Al/PE) dan nilon polietilena (Ny/PE). Seterusnya disimpan di dalam kebuk klimatik (suhu 40 °C, kelembapan relatif 75%) selama tiga bulan (bersamaan 18 bulan pada suhu bilik) bagi mengkaji jangka hayat penyimpanan gegulung tembikai.

### **Penentuan kandungan sitrulina menggunakan teknik kromatografi**

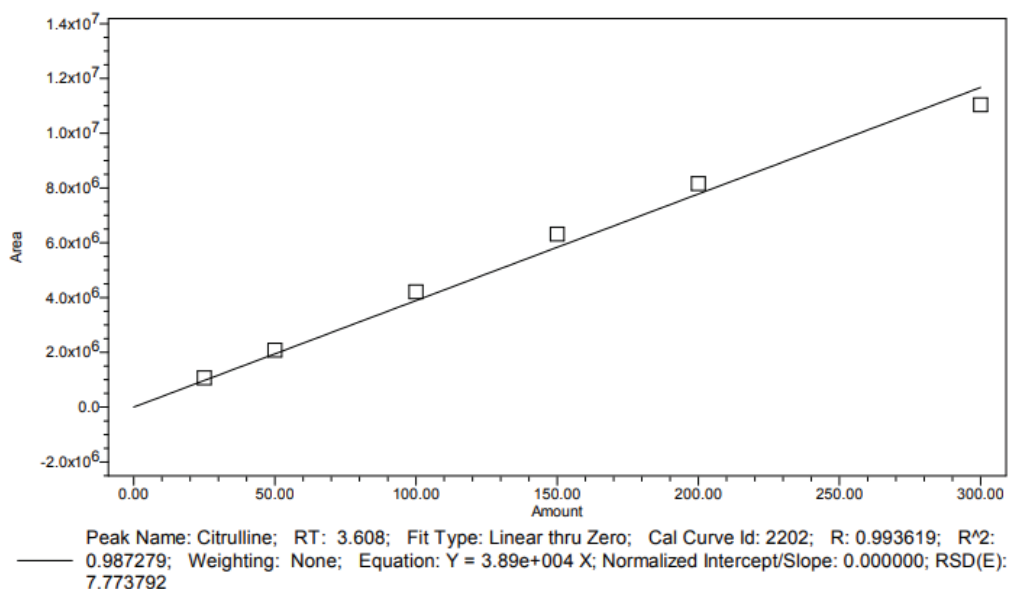
#### ***Pengekstrakan sampel***

Puri isi tembikai dan puri kulit tembikai diekstrak melalui kaedah pengekstrakan cecair-cecair. Puri ditambah dengan air tenyahion, digoncang, diempar dan supernatan dituras menggunakan penuras picagari nilon bersaiz 0.45 µm ke dalam *vial* HPLC. Gegulung tembikai yang diracik halus pula ditambah dengan air ternyahion dan digoncang, diempar, diekstrak menggunakan kolom pemisah SPE C18 (*solid phase extraction*) dan dituras menggunakan penuras picagari nilon bersaiz 0.45 µm ke dalam *vial* HPLC.

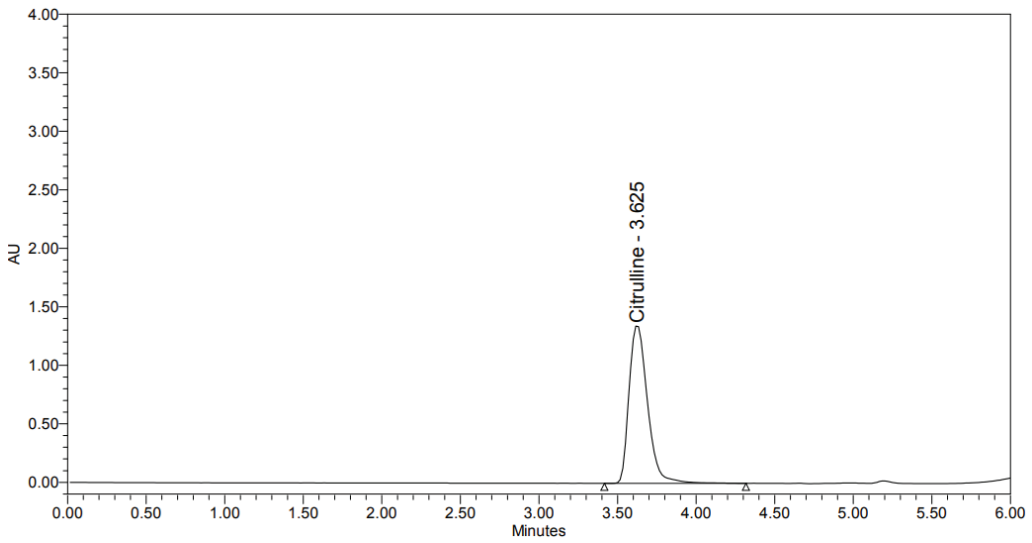
#### ***Analisis kromatografi***

Kaedah penentuan sebatian sitrulina dijalankan menggunakan teknik kromatografi cecair berprestasi tinggi (HPLC) dengan pengesan *photo diode array*. Kolum pemisah jenis C18 dan dua jenis fasa gerak iaitu larutan asid orthofosforik 0.1% (fasa gerak A) dan pelarut asetonitril gred HPLC 100% (fasa gerak B) digunakan untuk pemisahan sebatian sitrulina dalam sampel kajian. Sebatian sitrulina dipisahkan pada kadar aliran 0.8 mL/minit, suhu kolum pemisah 25 °C dan jarak gelombang 190 nm mengikut gradien berikut: 0 – 5 minit: 0% B; 6 – 23 minit: 95% B; 24 – 35 minit: 0% B. Kandungan sebatian sitrulina ditentukan secara kuantitatif berdasarkan graf kalibrasi keluasan kawasan puncak daripada siri kepekatan piawai sitrulina.

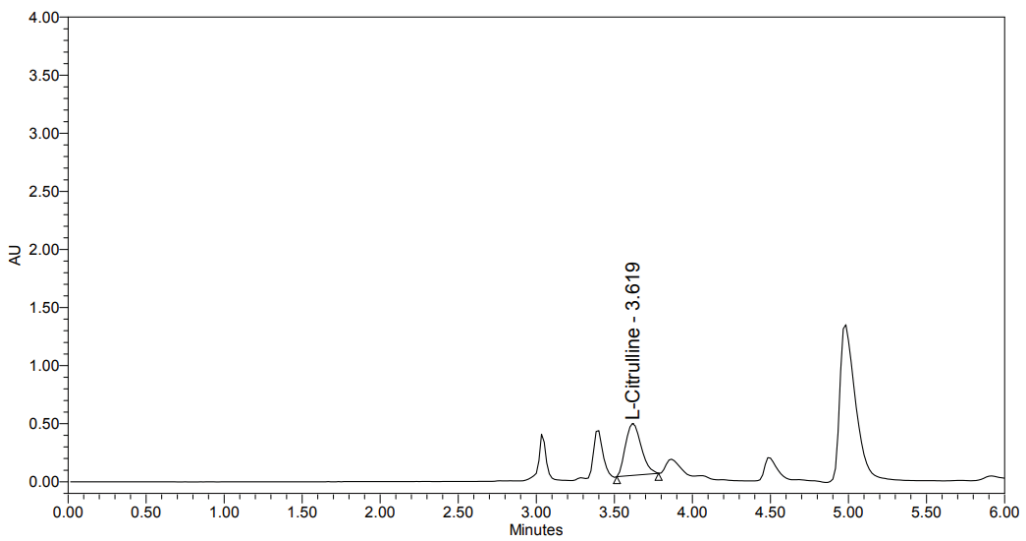
*Rajah 1* menunjukkan graf kalibrasi bagi sebatian piawai sitrulina di mana nilai pekali korelasi menghampiri 1. Persamaan daripada graf kalibrasi ini digunakan bagi kuantifikasi kandungan sitrulina dalam sampel berdasarkan keluasan puncak sebatian sitrulina dalam kromatogram sampel. *Rajah 2* menunjukkan kromatogram sebatian piawai sitrulina manakala *Rajah 3* menunjukkan kromatogram bagi sampel puri kulit tembikai menggunakan teknik HPLC. Bagi mengenal pasti sebatian sitrulina dalam sampel, masa penahanan dan spektrum sebatian piawai dibandingkan dengan sampel pada jarak gelombang 190 nm seperti dalam *Rajah 4*.



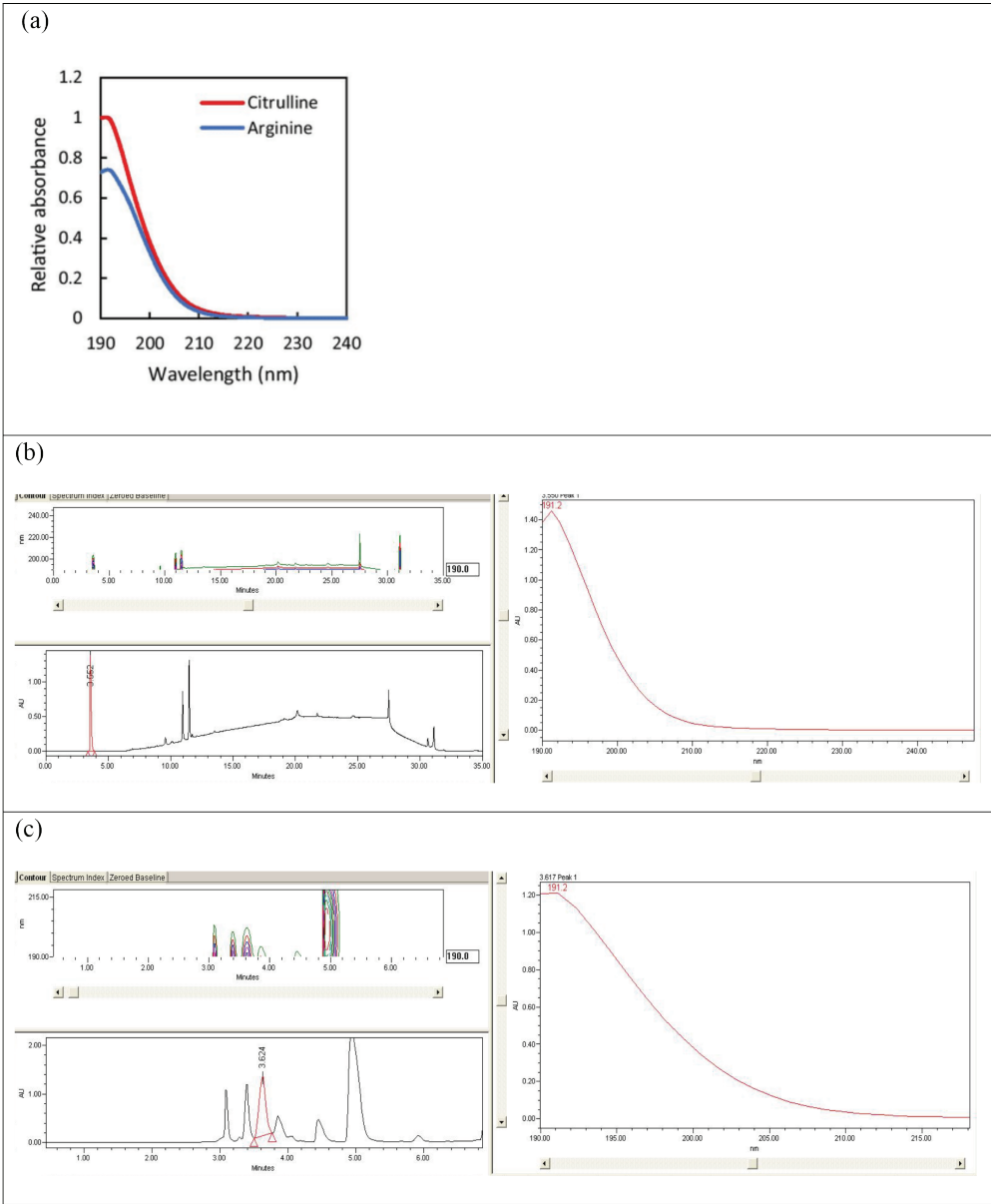
*Rajah 1*. Lengkuk kalibrasi piawai sitrulina di mana nilai pekali korelasi menghampiri 1 ( $R^2 = 0.99$ )



Rajah 2. Kromatogram sebatian piawai sitrulina dengan masa penahanan (RT) pada minit ke-3.6



Rajah 3. Kromatogram bagi ekstrak puri kulit tembikai. Sebatian sitrulina dikenal pasti pada minit ke-3.6



Rajah 4. (a) Spektrum sitrulina dan arginina pada jarak gelombang 190 nm (Sumber: Johnson et al. 2021), (b) Kromatogram sitrulina piawai yang diekstrak pada jarak gelombang 190 nm (kiri) dan spektrum bagi sebatian sitrulina (kanan) (c) Kromatogram sampel puri kulit tembikai yang diekstrak pada jarak gelombang 190 nm (kiri) dan spektrum bagi sebatian sitrulina (kanan)

### **Penentuan kandungan likopena**

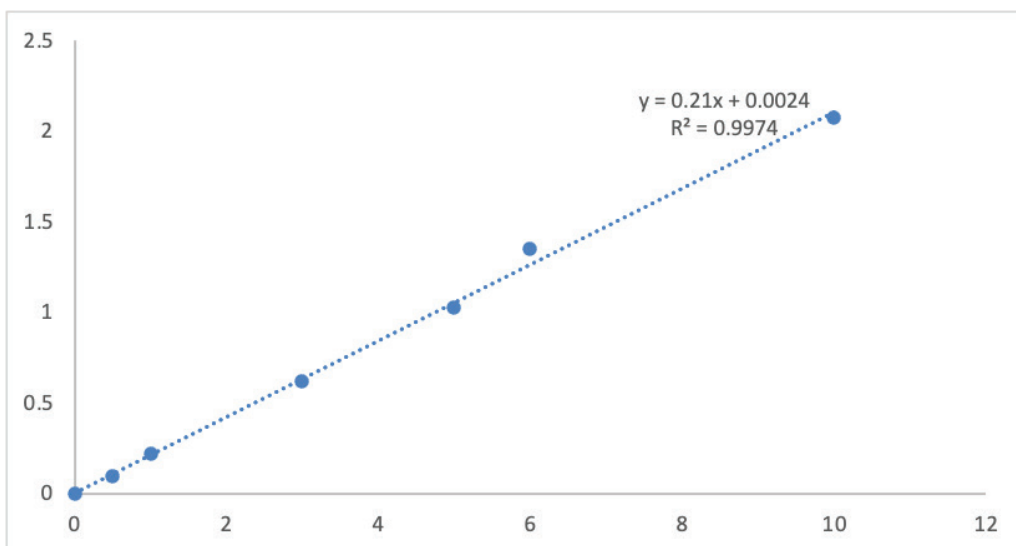
Sampel diekstrak menggunakan kaedah seperti yang diterangkan oleh Hasnisa et al. (2020) dengan sedikit modifikasi di mana sampel gegulung tembikai perlu disaponifikasi sebelum diekstrak menggunakan pelarut organik. Sebatian likopena merupakan sebatian bersifat lipofilik yang larut dalam pelarut tak polar (pelarut organik). Pengekstrakan likopena menggunakan pelarut aseton, etanol dan heksana. Lapisan heksana yang terbentuk diasingkan dan bacaan serapan diukur menggunakan teknik spektrofotometer UV pada jarak gelombang 503 nm. Pengiraan kandungan likopena berdasarkan formula menggunakan *extinction coefficient* 172 mM<sup>-1</sup> untuk likopena dalam pelarut heksana dan berat molekul likopena 536.9 g/mol.

### **Penentuan jumlah kandungan karotenoid menggunakan teknik spektrofotometer UV**

Sampel diekstrak menggunakan kaedah seperti yang diterangkan oleh Hasnisa et al. (2020) dengan sedikit modifikasi di mana sampel gegulung tembikai perlu disaponifikasi sebelum diekstrak menggunakan pelarut organik. Sebatian karotenoid (sebagai  $\beta$ -karotena iaitu pigmen berwarna jingga) merupakan sebatian bersifat lipofilik yang larut dalam pelarut tak polar. Pengekstrakan dijalankan dengan menggunakan pelarut heksana, etil asetat dan diklorometana. Lapisan heksana yang terbentuk diasingkan dan bacaan serapan diukur menggunakan teknik spektrofotometer UV pada jarak gelombang 450 nm. Pengiraan kandungan karotenoid berdasarkan persamaan graf kalibrasi sebatian piawai  $\beta$ -karotena yang dibangunkan.

Graf kalibrasi bagi sebatian piawai  $\beta$ -karotena ditunjukkan seperti dalam *Rajah 5*. Pekali korelasi yang diperolehi menghampiri nilai 1.0 menunjukkan graf linear yang dibangunkan boleh digunakan untuk pengiraan kuantitatif kandungan karotena dalam sampel.





Rajah 5. Graf kalibrasi sebatian piawai  $\beta$ -karotena dengan nilai pekali korelasi menghampiri 1.0 ( $R^2 = 0.99$ )

### ***Kandungan sitrulina, likopena dan jumlah karotenoid dalam gegulung tembikai***

Kandungan sitrulina, likopena dan jumlah karotenoid dalam puri isi tembikai dan kulit tembikai ditunjukkan seperti dalam *Jadual 1*. Hasil analisis menggunakan teknik HPLC menunjukkan puri isi tembikai mengandungi sitrulina lebih tinggi berbanding dengan puri kulit tembikai (bahagian berwarna putih) di mana puri isi tembikai dan puri kulit tembikai masing-masing mengandungi 539.90  $\mu\text{g/g}$  dan 241.88  $\mu\text{g/g}$  sitrulina. Kandungan likopena dan jumlah karotenoid (sebagai  $\beta$ -karotena) dalam puri isi tembikai juga lebih tinggi secara signifikan berbanding dengan puri kulit tembikai ( $p < 0.05$ ).

Keputusan analisis ini seperti yang dijangka kerana isi tembikai berwarna merah yang menunjukkan kehadiran pigmen berwarna karotenoid iaitu likopena dan  $\beta$ -karotena sedangkan puri kulit tembikai berwarna putih.

*Jadual 2* pula menunjukkan kandungan sitrulina, likopena dan karotenoid dalam gegulung tembikai yang disimpan sehingga tiga bulan di dalam kebuk klimatik menggunakan dua jenis bahan pembungkus berbeza iaitu aluminium/polietilena (Al/PE) dan nilon/polietilena (Ny/PE). Penyimpanan selama satu bulan di dalam kebuk klimatik (suhu 40 °C dan kelembapan relatif (RH) 75%) bersamaan dengan enam bulan penyimpanan pada suhu bilik. Analisis statistik yang dijalankan terhadap data sebatian aktif dalam gegulung tembikai menunjukkan perbezaan yang signifikan bagi penggunaan bahan pembungkus berbeza di mana kandungan sitrulina, likopena dan karotenoid dalam gegulung tembikai yang dibungkus dengan Al/PE lebih tinggi berbanding dengan Ny/PE. Kandungan sitrulina bagi gegulung tembikai

Jadual 1. Kandungan sitrulina, likopena dan jumlah karotenoid dalam puri isi tembikai dan kulit tembikai

Sampel	Sitrulina ( $\mu\text{g/g}$ )	Likopena ( $\mu\text{g/g}$ )	Jumlah karotenoid ( $\beta$ -karotena, $\mu\text{g/g}$ )
Puri isi tembikai	539.90 $\pm$ 2.93 <sup>a</sup>	54.38 $\pm$ 0.96 <sup>a</sup>	9.28 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>
Puri kulit tembikai	241.88 $\pm$ 2.63 <sup>b</sup>	1.24 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>	0.40 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>

Nota: Nilai purata  $\pm$  sisihan piawai (n = 3). Huruf subset yang berbeza dalam lajur yang sama adalah berbeza secara signifikan ( $p < 0.05$ ).

Jadual 2. Kandungan sitrulina, likopena dan jumlah kandungan karotenoid dalam sampel gegulung tembikai (GT) yang disimpan dalam bahan pembungkus Ny/PE dan Al/PE sepanjang tempoh penyimpanan dalam bekas klimatik (suhu 40 °C, kelembapan relatif (RH) 75%)

Tempoh penyimpanan dalam bekas klimatik	Sitrulina ( $\mu\text{g/g}$ )		Likopena ( $\mu\text{g/g}$ )		Jumlah kandungan karotenoid (sebagai $\beta$ -karotena, $\mu\text{g/g}$ )	
	Al/PE	Ny/PE	Al/PE	Ny/PE	Al/PE	Ny/PE
0 bulan	2249.43 $\pm$ 30.41 <sup>Aa</sup>	2119.20 $\pm$ 63.83 <sup>Ba</sup>	15.28 $\pm$ 0.86 <sup>Aa</sup>	10.61 $\pm$ 0.52 <sup>Ba</sup>	0.84 $\pm$ 0.01 <sup>Aa</sup>	0.70 $\pm$ 0.01 <sup>Ba</sup>
1 bulan	1556.93 $\pm$ 19.13 <sup>Ab</sup>	933.92 $\pm$ 42.91 <sup>Bb</sup>	9.99 $\pm$ 0.54 <sup>Ab</sup>	8.13 $\pm$ 0.50 <sup>Bb</sup>	0.58 $\pm$ 0.00 <sup>Ab</sup>	0.54 $\pm$ 0.02 <sup>Bb</sup>
2 bulan	1019.47 $\pm$ 37.14 <sup>Ac</sup>	788.40 $\pm$ 21.50 <sup>Bc</sup>	5.64 $\pm$ 0.47 <sup>Ac</sup>	4.16 $\pm$ 0.35 <sup>Bc</sup>	0.20 $\pm$ 0.01 <sup>Ac</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 <sup>Bc</sup>
3 bulan	709.07 $\pm$ 44.46 <sup>Ad</sup>	544.72 $\pm$ 15.08 <sup>Bd</sup>	4.82 $\pm$ 0.28 <sup>Ac</sup>	3.66 $\pm$ 0.22 <sup>Bc</sup>	0.13 $\pm$ 0.00 <sup>Ad</sup>	0.11 $\pm$ 0.01 <sup>Bd</sup>

Nota: Nilai purata  $\pm$  sisihan piawai (n = 3). Huruf subset yang berbeza dalam baris/lajur yang sama adalah berbeza secara signifikan pada  $p < 0.05$ . Penyimpanan selama satu bulan di dalam bekas klimatik (suhu 40 °C dan kelembapan relatif (RH) 75%) bersama dengan enam bulan penyimpanan pada suhu bilik.

dalam pembungkus Al/PE menurun sebanyak 68% daripada 2,249.43  $\mu\text{g/g}$  (0 bulan) kepada 709.07  $\mu\text{g/g}$  (tiga bulan) manakala dalam pembungkus Ny/PE, kandungan sitrulina menurun sebanyak 74% daripada 2,119.20  $\mu\text{g/g}$  (0 bulan) kepada 544.72  $\mu\text{g/g}$  (tiga bulan). Sebatian likopena pula menurun sebanyak 68% dan 65% masing-masing bagi gegulung tembikai yang dibungkus dalam Al/PE dan Ny/PE ( $p < 0.05$ ). Sebatian karotenoid juga menurun secara signifikan masing-masing sebanyak 84% bagi gegulung tembikai yang dibungkus dalam Al/PE dan Ny/PE sehingga tiga bulan penyimpanan dalam kebuk klimatik. Penggunaan bahan pembungkus jenis Al/PE dapat mengekalkan kandungan sitrulina, likopena dan karotenoid dalam produk berbanding dengan Ny/PE. Ini kerana bahan pembungkus Al/PE adalah legap, mempunyai ketelapan oksigen dan wap air yang rendah berbanding dengan bahan pembungkus Ny/PE. Kajian jangka hayat penyimpanan gegulung tembikai juga menunjukkan kandungan sitrulina, likopena dan karotenoid semakin menurun secara signifikan selari dengan peningkatan tempoh penyimpanan dari 0 – 3 bulan penyimpanan di dalam kebuk klimatik.

### **Kesimpulan**

Kajian jangka hayat penyimpanan gegulung tembikai terhadap kestabilan sebatian aktif menunjukkan sebatian sitrulina, likopena dan karotenoid menurun dari 0 – 3 bulan penyimpanan di dalam kebuk klimatik (suhu 40 °C dengan kelembapan relatif 75%) iaitu bersamaan sehingga 18 bulan penyimpanan pada suhu bilik. Penggunaan bahan pembungkus Al/PE menunjukkan kandungan sebatian sitrulina, likopena dan karotena yang lebih tinggi ( $p < 0.05$ ) dalam gegulung tembikai berbanding dengan penggunaan bahan pembungkus Ny/PE. Oleh itu, dicadangkan penggunaan bahan pembungkus Al/PE lebih sesuai untuk pembungkusan gegulung tembikai bagi melambatkan proses penurunan sebatian aktif di dalam gegulung tembikai.

### **Penghargaan**

Setinggi-tinggi penghargaan ditujukan buat kakitangan MARDI terutamanya kumpulan penyelidik dan ahli-ahli kumpulan kerja yang terlibat secara langsung dan tidak langsung dalam kajian ini. Terima kasih juga buat pelajar praktikal Nur Afina Zaharuddin dan Aida Shahirah Mohd Marzuki yang turut sama membantu kerja-kerja di makmal. Projek penyelidikan ini dibiayai oleh dana Projek Pembangunan RMK-12 iaitu “Pembangunan Pakej Kejuruteraan Pertanian Bersepadu yang Berimpak Tinggi Serta Kos Efektif Bagi Teknologi Pengeluaran, Pengendalian Lepas Tuai dan Pemprosesan Produk Pertanian Terpilih (Padi, Buah-Buahan, Sayur-Sayuran)” (Subprojek 3: Menguji dan menambah baik pakej lengkap sistem pengendalian lepas tuai dan pemprosesan tembikai untuk aktiviti pembersihan, penggredan, pemprosesan, pembungkusan dan penyimpanan serta pembangunan produk dengan No. Projek: 21400010170521).

## Bibliografi

- Corleto, K. A., Singh, J., Jayaprakasha, G. K., & Patil, B. S. (2019). A sensitive HPLC-FLD method combined with multivariate analysis for the determination of amino acids in L-citrulline rich vegetables. *Journals of Food and Drug Analysis*, 27, 717–728.
- Hasnisa, H., Mohamed Nazim, A., Syahida, M., & Hadijah, H. (2020). Kaedah mudah penentuan likopena dalam penyaringan buah-buahan tempatan terpilih. *Buletin Teknologi MARDI*, Bil. 18, 51–58.
- Hasnisa, H., Mohamed Nazim, A., & Hadijah, H. (2020). Penentuan jumlah kandungan karotenoid dalam puri buah-buahan tempatan terpilih. *Buletin Teknologi MARDI*, Bil. 19, 65–71.
- Jabatan Pertanian Malaysia. (2023). Booklet Statistik Tanaman (Subsektor Tanaman Makanan) 2023.
- Johnson, J. B., Ohri, B., Walsh, K. B., & Naiker, M. (2021). A simple isocratic HPLC-UV method for the simultaneous determination of citrulline and arginine in Australian cucurbits and other fruits. *Food Analytical Methods*, Diperoleh dari <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02110-4>.
- Kumar, V. N., Asmathulla, E. P., & Kavimani, S. (2017). A Systematic Review on Lycopene and its Beneficial Effects. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 10 (4), 2113–2120.
- Ridwan, R., Abdul Razak, H. R., Adenan, M. I., & Md Saad, W. M. (2018). Separation of L-arginine and L-citrulline in red and yellow crimson watermelon (*Citrullus lanatus*) juices extract using HPLC gradient mode. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 22 (5), 785–793.
- Rimando, A. M., & Perkins-Veazie, P. M. (2005). Determination of citrulline in watermelon rind. *Journal of Chromatography A*, 1078, 196–200.

## Ringkasan

Tembikai (*Citrullus lanatus*) merupakan buah tropika yang kaya dengan kandungan karotenoid (antioksidan yang kuat) dan asid amino sitrulina yang memberikan manfaat kesihatan. Selain dimakan segar, produk makanan kesihatan berasaskan tembikai boleh dibangunkan sejajar dengan saranan kerajaan untuk membangunkan produk makanan kesihatan. Dalam kajian ini, produk gegulung tembikai dibangunkan dan kestabilan sebatian aktif dikaji sepanjang tempoh penyimpanan. Kajian jangka hayat penyimpanan gegulung tembikai terhadap kestabilan sebatian aktif menunjukkan sebatian sitrulina, likopena dan karotena menurun dari 0 – 3 bulan penyimpanan di dalam bekuk iklimatik (suhu 40 °C dengan kelembapan relatif 75%) iaitu bersamaan sehingga 18 bulan penyimpanan pada suhu bilik. Penggunaan bahan pembungkus Al/PE menunjukkan kandungan sebatian sitrulina, likopena dan karotena yang lebih tinggi ( $p < 0.05$ ) dalam gegulung tembikai berbanding dengan penggunaan bahan pembungkus Ny/PE. Oleh itu, bahan pembungkus Al/PE lebih sesuai digunakan untuk pembungkusan gegulung tembikai bagi melambatkan proses penurunan sebatian aktif di dalam gegulung tembikai.

## **Summary**

Watermelon (*Citrullus lanatus*) is a tropical fruit rich in carotenoids (potent antioxidant) and the amino acid citrulline which provides health benefits. Besides fresh consumption, watermelon-based health food products can be developed in line with the government's recommendations to develop healthy food products. In this study, the watermelon rolls product was developed and the stability of the active compounds was studied throughout the storage period. The shelf-life study of watermelon rolls on the stability of the active compounds showed that citrulline, lycopene and carotene compounds decreased from 0 – 3 months of storage in a climatic chamber (temperature 40 °C with relative humidity 75%) – equivalent to up to 18 months of storage at room temperature. The use of Al/PE packaging material showed a higher content of citrulline, lycopene and carotene compounds ( $p < 0.05$ ) in watermelon rolls compared to Ny/PE packaging material. Therefore, Al/PE packaging material is more suitable for watermelon rolls packaging to slow down the decrease of active compounds in the watermelon rolls.

## **Pengarang**

Hasnisa Hashim

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan,

Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM,

43400 Serdang, Selangor

E-mel: hasnisa@mardi.gov.my

Nur Farah Hani Muhamad, Nurul Nabilah Mohd Fiteri, Adawiyah Akbar dan

Norman Isman

Pusat Penyelidikan Sains dan Teknologi Makanan,

Ibu pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM,

43400 Serdang, Selangor