

Kajian daya tindakan semasa proses pengupasan kulit buah tembikai

(Action force study during the rind peeling process of watermelon)

Wan Mohd Fariz Wan Azman, Asnawi Shahar, Saiful Azwan Azizan, Afiqah Aina Rahim, Masniza Sairi dan Teoh Chin Chuang

Pengenalan

Buah tropika yang dikenali sebagai tembikai atau nama saintifiknya *Citrullus lanatus* boleh ditemui hampir di seluruh kawasan Asia Tenggara dan juga di negara Afrika. Buah ini mempunyai saiz yang besar berbanding dengan kebanyakan buah dan boleh didapati dalam bentuk bujur atau bulat dan buah tembikai ini tergolong dalam keluarga timun (*Cucurbitaceae*). Buah tembikai mempunyai kulit yang licin dengan warna hijau gelap atau kadangkalanya berjalur hijau terang dan akan berubah warna menjadi hijau kekuningan apabila matang bergantung pada jenis varieti. Tembikai merupakan buah bervitamin tinggi dan kerap dihidangkan sebagai pembuka selera bergantung kepada cara penyediaannya. Tembikai juga mengandungi antioksidan yang tinggi disebabkan oleh bahagian fenolik tumbuhan dan boleh diproses untuk dijadikan jus atau jem.

Buah tembikai boleh dibahagi kepada tiga bahagian utama iaitu isi, biji dan kulit. Dari segi pecahan peratusan, ia mengandungi 68% isi, 30% kulit dan 2% biji (bagi varieti berbiji) daripada jumlah berat keseluruhan. Kulit tembikai bersifat rapuh dan mempunyai 95% kandungan air yang menyebabkan kulit tembikai berisiko terdedah kepada kehilangan kandungan air yang boleh menyebabkan kerosakan. Oleh itu, buah tembikai tidak boleh disimpan dalam tempoh yang lama selepas dituai. Bagi mengelakkan tembikai daripada rosak dan dibuang, penyelesaian terbaik adalah dengan memprosesnya untuk dijadikan produk baharu yang boleh disimpan lama atau bersifat stabil. Untuk menghasilkan produk berasaskan tembikai, beberapa proses perlu dilalui dan salah satunya adalah proses pengupasan. Untuk proses pengupasan, kajian dijalankan untuk menentukan sifat fizikal dan mekanikal kulit tembikai sebagai rujukan untuk membangunkan parameter pemprosesan mengupasan yang lebih cekap.

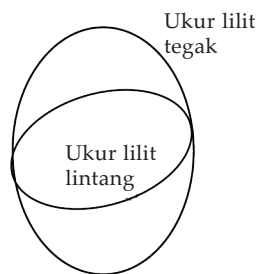
Aktiviti mengupas adalah proses untuk membuang kulit atau lapisan luar yang tidak diperlukan untuk mendapatkan bahagian isi. Kehilangan atau pembaziran semasa proses pengupasan mesti diminimumkan daripada terbuangnya bahagian isi di samping mengekalkan permukaan kupasan yang bersih. Secara umumnya, terdapat pelbagai kaedah untuk proses pengupasan antaranya dengan menggunakan kaedah wap panas, pemotongan dengan pisau, lelasan atau hakisan dan pemanasan api serta pemilihan kaedah bergantung kepada bahan yang dikupas. Kaedah yang paling banyak digunakan untuk mengupas kulit

tembikai adalah menggunakan kaedah potongan menggunakan pisau atau juga dikenali sebagai kupasan mekanikal. Kecekapan pengupasan mekanikal bergantung kepada kesan daya tindakan pada alat pemotong. Penentuan daya tindakan adalah penting untuk mereka bentuk alat pemotong. Daya tindakan ke atas alat pemotong adalah sama dengan daya rapuh yang diperlukan untuk memotong objek yang boleh diukur menggunakan peranti penganalisis tekstur (TA-XT Plus). Banyak penyelidikan adalah lebih tertumpu pada kajian kekerasan kulit tembikai, kerintangan keretakan dan rintangan. Namun, kurang kajian berkaitan kaedah pemotongan melibatkan kedudukan bilah pemotong yang mempengaruhi nilai daya tindakan yang diperolehi.

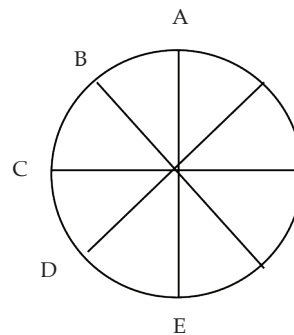
Tujuan utama kajian ini adalah untuk menentukan sifat fizikal dan mekanikal kulit tembikai untuk dijadikan rujukan kepada penentuan parameter proses pengupasan. Dalam kes ini, tumpuan adalah untuk menentukan kesan daya sudut pemotongan pada kulit tembikai manakala pemeriksaan fizikal (panjang, lebar dan ketebalan kulit) dilakukan sebagai garis panduan untuk proses pengupasan.

Kaedah kajian

Untuk kajian fizikal dan daya tindakan ke atas kulit tembikai, pemilihan buah adalah jenis varieti tanpa biji iaitu F1 HIBRID. Semua tembikai yang dipilih adalah telah matang, bebas kecacatan atau kecederaan dan berkategori bersaiz L. Sampel tembikai dipotong secara memanjang (arah ukur lilit tegak seperti dalam *Gambar rajah 1*) kepada dua bahagian. Ketebalan kulit diukur menggunakan angkup vernier digital (SEB-DC-024, SEB, China) di lima lokasi berbeza (A, B, C, D, E) seperti dalam *Gambar rajah 2* adalah untuk memeriksa variasi ketebalan. Ukuran ketebalan kulit adalah termasuk kulit luar hijau dan daging putih (*Gambar 1*).

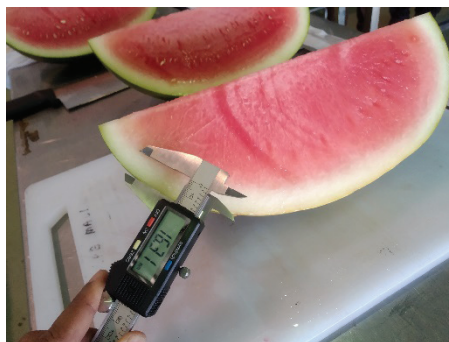


Gambar rajah 1. Arah ukur lilit

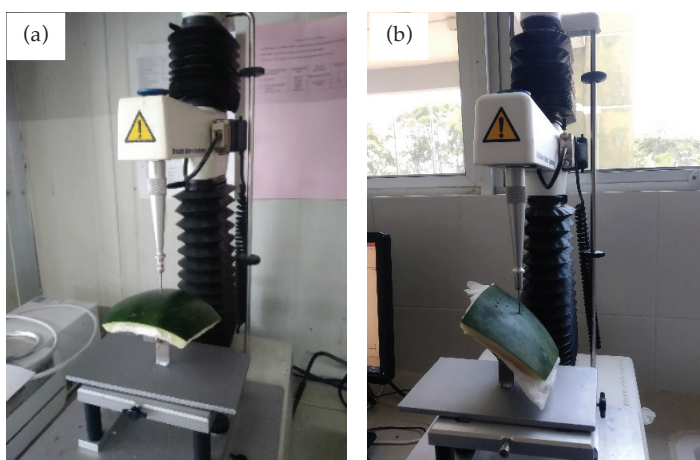


Gambar rajah 2. Lokasi ukuran kulit tembikai

Untuk kajian daya tindakan, sampel kulit tembikai bersaiz 50 mm × 50 mm disediakan. Sebuah pelantar ujian boleh laras kecondongan direka bentuk sebagai pemegang kulit tembikai untuk diletakkan pada platform Penganalisis Tekstur (TA. XTplus, Stable Micro Systems, UK) seperti dalam *Gambar 2*. Setiap sampel kulit akan diuji daya rapuh pada arah sudut kecondongan 0°, 22.5°, 45° dan 67.5°. Ujian tusukan dijalankan menggunakan probe silinder keluli tahan karat dengan diameter 2 mm yang disambungkan ke komputer dan dirakam secara digital. Alat uji kaji telah ditetapkan dengan kedalaman penembusan 2 cm dan kelajuan 120 mm/min.



Gambar 1. Proses pengukuran ketebalan kulit tembikai



Gambar 2. (a) Kedudukan arah sudut tegak 0° dan (b) Kedudukan arah sudut serong 67.5°

Keputusan kajian

Kajian kandungan kelembapan (MC) adalah penting sebelum menjalankan uji kaji daya tindakan ke atas kulit buah tembikai kerana kehadiran air dalam kulit tembikai mempengaruhi kekuatan struktur kulit yang akan mempengaruhi keupayaan proses pengupasan. Lixian Zhang (2016) membuktikan bahawa faktor kandungan kelembapan mempengaruhi kekuatan kulit ranting pokok, manakala Sara Ansari (2014) juga melaporkan peningkatan kandungan kelembapan menyebabkan kekuatan kulit buah semakin berkurangan. Oleh itu, penentuan kandungan air bahan adalah sangat penting sebagai rujukan dan kawalan sebelum kajian daya tindakan dijalankan. *Jadual 1* menunjukkan kandungan lembapan kulit tembikai (kulit luar dan kulit putih). Bahagian putih kulit menunjukkan kandungan lembapan yang lebih tinggi ($94.83 \pm 1.02\%$) berbanding dengan kulit luar

Jadual 1. Kandungan kelembapan bahagian kulit tembikai

Lapisan	Kandungan lembapan (MC%)
Kulit luar	89.31 ± 2.21
Kulit putih	94.83 ± 1.02

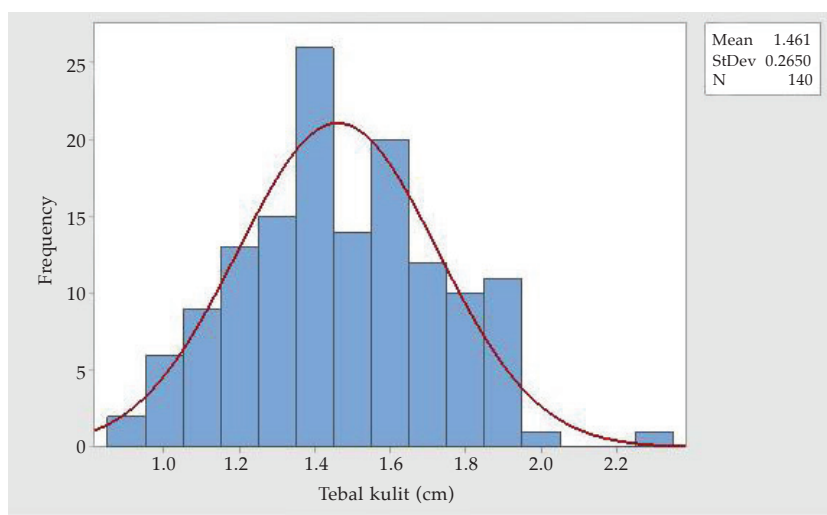
(89.31 ± 2.21%). Kebiasaannya kulit luar mempunyai kelembapan lebih rendah berbanding dengan lapisan dalam kerana bahan lipofilik yang meliputi permukaan luar kulit buah berfungsi untuk menghalang kehilangan air dari kawasan hipodermis (kulit putih).

Walau bagaimanapun, terdapat juga buah yang mana kulit bahagian luar dan dalam mempunyai kandungan kelembapan yang sama seperti dilaporkan oleh Yustina (2022) dalam kajian ke atas buah durian. Jika dibandingkan dengan kajian lepas, kandungan kelembapan kulit putih tembikai yang diperolehi hampir sama seperti yang dilaporkan oleh Nur Farah Hani (2014) iaitu 94.60% dan 94.62% oleh Md. Masudul Hoque (2015) dengan signifikan $p > 0.01$. Lanjutan daripada itu, akan berlaku proses transpirasi oleh buah semasa aktiviti penyimpanan menyebabkan air dalam tisu hipodermis hilang secara beransur-ansur dan akhirnya akan menjejaskan struktur kulit buah. Oleh itu uji kaji daya tindakan perlu dilaksanakan sejurus kajian kandungan kelembapan dijalankan.

Berdasarkan *Jadual 2*, julat ketebalan kulit yang diperolehi ialah 0.90 – 2.30 cm (μ : 1.46 ± 0.27 cm), iaitu lebih tinggi daripada julat yang dilaporkan oleh Tiantian Yang pada tahun 2021 iaitu 0.59 – 1.12 cm. Dari segi purata, ketebalan kulit tembikai F1 HIBRID (μ :1.46 ± 0.27, *Rajah 1*) adalah lebih tinggi daripada yang dilaporkan oleh Davis A.R. (2005) (SF800 μ :1.20 cm dan SS5244 μ :1.20 cm) dan George (2015) (Crimson Tide μ :1.18 cm) jika dibandingkan dengan nilai purata. Ketebalan kulit berbeza berbanding yang dilaporkan disebabkan oleh perbezaan varieti buah. Tambahan pula, teknik cantuman pokok juga mempengaruhi ketebalan kulit dan boleh menyebabkan peningkatan ketebalan kulit. Kebanyakan pemilihan varieti buah tembikai bagi tujuan untuk dieksport mempunyai kulit yang tebal kerana lebih diyakini untuk tidak lebam dan retak atau pecah semasa proses penghantaran jarak jauh. Manakala purata berat tembikai yang diperolehi ialah 6.75 ± 1.51 kg iaitu lebih tinggi daripada varieti Crimson Tide (5.85 kg), hampir sama dengan varieti SS5244 (6.50 kg), tetapi jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan varieti SF800 (9.00 kg). Parameter ketebalan kulit dan saiz sangat berguna sebagai rujukan untuk proses pengelupasan untuk mengurangkan kehilangan dan meningkatkan kecekapan pengelupasan. Ini adalah untuk memastikan penetapan kedalaman pemotongan kulit tidak terlalu dalam menyebabkan terpotong bahagian isi.

Jadual 2. Berat keseluruhan buah dan ketebalan kulit tembikai

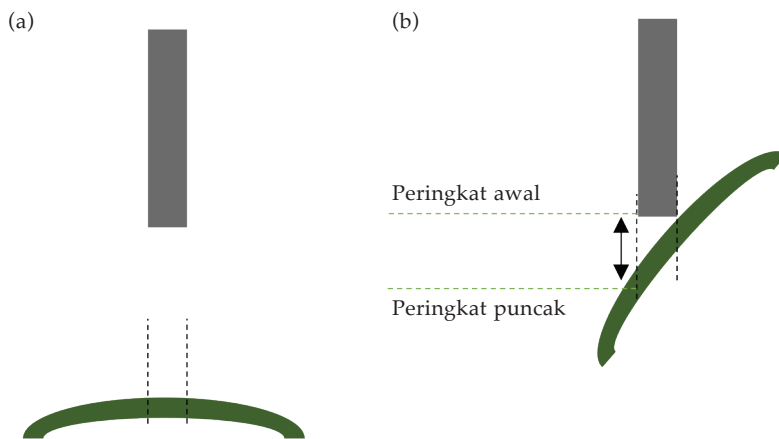
	F1 HIBRID (tanpa biji)	Davis (2005)		George (2015)
		SF800	SS5244 (tanpa biji)	Crimson Tide
Ketebalan kulit (cm)	1.46 ± 0.27	1.14	1.20	1.18
Berat (kg)	6.75 ± 1.51	9.00	6.50	5.85



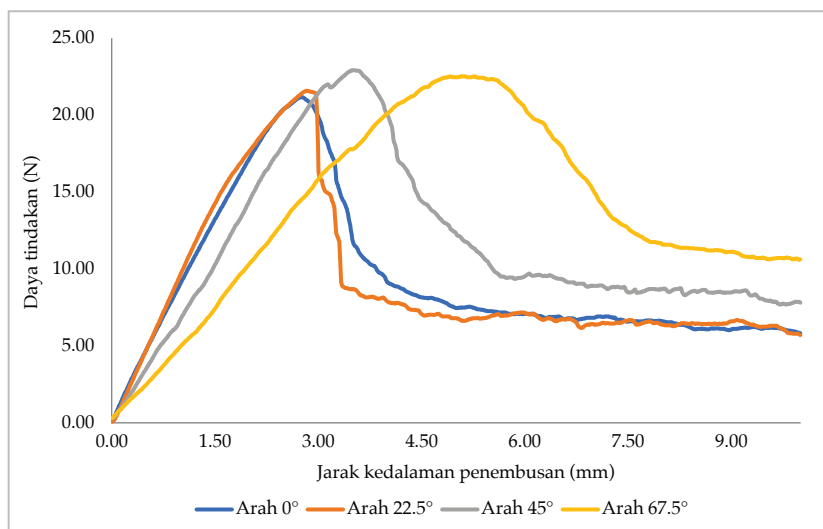
Rajah 1. Histogram ketebalan kulit tembikai (F1 HIBRID)

Rajah 2 menunjukkan daya tindakan tertinggi (24.25 ± 0.87 N) berlaku pada arah sudut penembusan 67.5° , diikuti pada arah sudut 45.0° (22.95 ± 1.31 N), arah sudut 22.5° (22.09 ± 0.51 N) dan arah sudut 0° (21.48 ± 0.80 N). Jarak kedalaman penembusan juga menunjukkan secara signifikan mempengaruhi nilai daya tindakan yang diperoleh ($p < 0.01$). Peningkatan kecondongan arah sudut penembusan juga menunjukkan penurunan nilai cerun garis graf daya tindakan lawan jarak kedalaman penembusan, di mana semakin tinggi arah sudut penembusan memerlukan jarak kedalaman yang lebih dalam untuk berlaku daya tindakan maksimum. Ini kerana peningkatan arah sudut penembusan menyebabkan posisi probe silinder berkedudukan serong dengan permukaan kulit tembikai. Oleh itu keluasan sentuhan permukaan pada peringkat awal proses penembusan antara permukaan probe silinder dan kulit tembikai adalah minimal dan beransur meningkat pada kedalaman berikutnya sehingga permukaan probe bersentuh sepenuhnya pada peringkat puncak (Gambar 3).

Gambar rajah 3 menunjukkan keputusan uji kaji bahawa arah sudut penembusan secara signifikan mempengaruhi nilai daya tindakan yang diperoleh ($p < 0.01$). Ia berkadar terus dengan pertambahan arah sudut penembusan dengan nilai korelasi $R^2 = 0.99$ dan dengan signifikan $p < 0.01$ (nilai $F = 17.52$). Daripada keputusan tersebut, persamaan kuadratik (Persamaan 1) telah dibangunkan yang menunjukkan perkaitan antara daya tindakan dan arah sudut penembusan. Walau bagaimanapun, nilai yang diperoleh adalah jauh lebih rendah daripada nilai yang dilaporkan oleh Emadi (2009) iaitu 175 N untuk kulit tembikai yang telah dikupas dan 183 N untuk kulit tembikai yang tidak dikupas. Selain itu, Emadi (2009) juga melaporkan bahawa daya rapuh



Gambar rajah 3. (a) Posisi probe silinder berkedudukan sudut tegak 0° dan (b) Posisi probe silinder berkedudukan sudut 67.5°

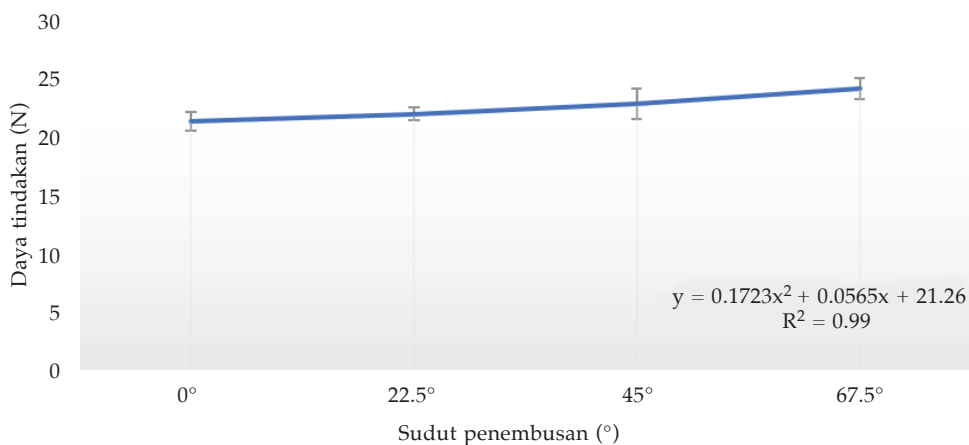


Rajah 2. Daya tindakan (N) lawan jarak kedalaman penembusan (mm)

kulit yang dikupas adalah lebih rendah daripada kulit yang tidak dikupas. Merujuk kepada hasil kandungan lembapan kulit yang diperoleh sebelum ini, kulit luar mempunyai kandungan lembapan yang lebih rendah berbanding dengan kulit putih. Ini menjelaskan mengapa kulit yang dikupas mempunyai daya rapuh yang lebih rendah berbanding dengan kulit tembikai yang tidak dikupas adalah disebabkan oleh kehadiran kandungan lembapan tinggi yang mengurangkan kekuatan kulit. Situasi ini turut menjawab persoalan mengapa peningkatan sudut penembusan menyebabkan daya tindakan meningkat. Peningkatan sudut penembusan menyebabkan posisi probe silinder berkedudukan serong dengan permukaan kulit. Oleh itu, keluasan sentuhan permukaan antara probe silinder dan permukaan kulit tembikai turut meningkat dan berlaku peningkatan daya rapuh.

$$y = 0.1723x^2 + 0.0565x + 21.26 \dots\dots\dots(1)$$

Di mana (y) merujuk daya tindakan, (x) merujuk sudut penembusan.



Rajah 3. Daya tindakan (N) pada sudut penembusan berbeza (°). Data dalam nilai min ± SD; n = 8

Kesimpulan

Ketebalan kulit tembikai yang diperoleh menunjukkan purata 1.46 ± 0.27 cm ($p < 0.01$). Berdasarkan pemerhatian visual, ketebalan kulit adalah berkadar terus dengan saiz fizikal tembikai. Peningkatan saiz fizikal buah menyebabkan peningkatan ketebalan kulit. Walau bagaimanapun, ketebalan kulit mempunyai taburan secara rawak ($p > 0.01$). Manakala nilai daya tindakan dipengaruhi oleh arah sudut penembusan secara signifikan ($p < 0.01$) dan berkadar terus dengan peningkatan sudut penembusan yang berjulat antara 21.48 N hingga 24.25 N. Ini disebabkan oleh peningkatan sudut penembusan menyebabkan keluasan permukaan sentuhan antara probe silinder dan permukaan kulit luar turut meningkat dan secara tidak langsung meningkatkan

daya tindakan. Oleh itu, adalah sangat penting untuk mengambil kira saiz fizikal tembikai untuk menentukan ketebalan kulitnya sebelum menjalankan proses pengelupasan untuk mengelak kehilangan dan pembaziran berlaku. Faktor sudut penembusan juga perlu dipertimbangkan untuk memastikan reka bentuk alat pengupas tidak cepat rosak atau direka secara berlebihan daripada keperluan.

Bibliografi

- Athmaselvi, K. A., Alagusundaram, K., & Kavitha, C. V. (2012). Impact of pretreatment on colour and texture of watermelon rind. *International Agrophysics*, 26, 235–242.
- Breakiron, P. L., Winston, J. R., & Kaufman, J. (1954). Studies of watermelon loading. *U.S. Dept. Agr. MRR* 62.
- Davis, A. R, Penelope P. V., (2005). Rootstock Effects on Plant Vigor and Watermelon Fruit Quality. *South Central Agricultural Research Center, Cucurbit Genetics Cooperative Report*, 28–29, 39–42.
- Emadi, B., Abbaspour-Fard, M. H., & Yarlagadda, P. K. D. V. (2009). Mechanical properties of melon measured by compression, shear, and cutting modes. *International Journal of Food Properties*, 12(4), 780–790.
- FAMA (2000). Spesifikasi Piawaian Dan Gred Tembikai (FS002 – 2000). Lembaga Pemasaran Pertanian Persekutuan.
- Fundo, J. F., Miller, F. A., & Garcia, E. (2018). Physicochemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity in juice, pulp, peel and seeds of Cantaloupe melon. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 292–300.
- George, A., Soteriou, Marios, C., & Kyriacou, (2015). Rootstock-mediated effects on watermelon field performance and fruit quality characteristics. *International Journal of Vegetable Science*, 21:4, 344–362.
- Kerje, T. & Grum, M. (2000). The origin of melon, *Cucumis melo*: A review of the literature. *Acta Hort.*, 510, 37–44.
- Koocheki, A., Razavi, S. M. A., & Milani, E. (2007). Physical properties of watermelon seed as a function of moisture content and variety. *Int. Agrophysics* 21, 349–359.
- Kumar, P. (1985). Watermelon- utilization of peel waste for pickle processing. *Indian Food Packer*, 39(4), 49–52.
- Lixian, Z., Zhongping, Y., & Qiang, Z. (2016). Temsile properties of mszie stalk rind. *Bioresources* 11(3), 6151–6161.
- Maietti, A., Tedeschi, P., & Stagno, C. (2012). Analytical traceability of melon (*Cucumis melo* var *Reticulatus*): Proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant capacity in relation to cultivar, plant physiology state, and seasonal variability. *Journal of Food Science*, 77(6), C646–C652.
- Md Masudul, H., & Iqbal, A., (2015). Drying of watermelon rind and development of cakes from rind powder. *International Journal of Novel Research in Life Sciences*, 2(1), 14–21.

- Nur Farah Hani, M., Wan Nur Zahidah, W. Z., & Saniah, K. (2014). Effects of drying on the physical characteristics of dehydrated watermelon rind candies. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, 42(2), 115–123.
- Rico, D., Martin-Diana, A. B., & Frias, J. M. (2006). Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering*, 79, 1196–1206.
- Riederer, M., & Schreiber, L. (2001). Protecting against water loss: Analysis of the barrier properties of plant cuticles. *J. Expt. Bot.*, 52, 2023–2032.
- Sara A., Neda, M., Asgar, F., Ebrahim, H., & Fojan, B. (2014). Effect of moisture content on textural attributes of dried figs. *Int. Agrophys.*, 28, 403–412.
- Schmilovitch, Z., Alchanatis, V., & Ignat, T. (2015). Machinery for fresh cut watermelon and melon. *Chemical Engineering Transactions*, 44, 277–282.
- Tiantian ,Y., Sikandar, A., & Jiahui, P. (2021). Identification of putative genetic regions for watermelon rind hardness and related traits by BSA-seq and QTL mapping. *Euphytica*, 217, 19.
- Yustina, M., & Pusparizkita, (2022). Effect of drying duration on the water content of durian peel waste for bio pellet. *IOP. Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1098 012052

Ringkasan

Kulit tembikai adalah bahagian paling keras daripada keseluruhan struktur buah yang akan dikupas untuk tujuan pemprosesan. Kajian telah dijalankan untuk menentukan sifat fizikal dan mekanikal kulit tembikai bagi memberi rujukan parameter proses mengupasan. Ujian fizikal ke atas buah tembikai telah dijalankan untuk menentukan berat dan ketebalan kulit pada kedudukan yang berbeza. Ujian daya rapuh ke atas kulit tembikai telah dijalankan pada sudut penembusan yang berbeza (0.0°, 22.5°, 45.0°, 67.6°) untuk menentukan daya tindakan pada bilah pemotong. Ketebalan kulit yang telah direkodkan ialah 1.46 ± 0.27 cm ($p < 0.01$). Hasil kajian menunjukkan saiz tembikai mempengaruhi ketebalan kulit dan ketebalan kulit mempunyai taburan rawak pada kedudukan kulit yang berbeza ($p > 0.01$). Sementara itu, arah sudut penembusan secara signifikan mempengaruhi nilai daya bertindak yang diperoleh ($p < 0.01$) dan berkadar terus dengan peningkatan sudut penembusan yang berjulat antara 21.48 N hingga 24.25 N.

Summary

Watermelon rind is the toughest part of the whole fruit structure and it will be peeled for processing purposes. A study was conducted to determine the physical and mechanical properties of watermelon rind to provide reference for peeling process parameters. A physical test on watermelon fruit was conducted to determine the weight and rind thickness at different positions. Rind rupture force test was conducted at different penetration angles (0.0°, 22.5°, 45.0°, 67.6°) to determine the acting force on cutting blade. The rind thickness was recorded which is 1.46 ± 0.27 cm ($p < 0.01$). The result showed the watermelon size affect the rind thickness and the rind thickness has a

random distribution at different positions of the rind ($p > 0.01$). Meanwhile, the direction of penetration angle significantly affects the acting force value obtained ($p < 0.01$) and it was directly proportional to the increase of penetration angles which was ranging between 21.48 N to 24.25 N.

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, Masniza Sairi (Dr.) dan Teoh Chin Chuang (Dr.)

Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI

Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor