

Sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar

(Fresh ginger cleaning and treatment mechanised system)

Badaruzzaman Mohamad Noh, Noor Ismawaty Nordin, Masniza Sairi, Teoh Chin Chuang, Ishak Hashim, Wan Mohd Fariz Wan Azman, Asnawi Shahar, Hasmin Hakim Hasbullah, Sha'fie bin Alwi, Mohd Zaimi Zainol Abidin, Mohd Hafiz Mohamed Amin Tawakkal, Ahmad Fadhlul Wafiq Abdul Rahman dan Mohd AzmirRedzuan Sani

Pengenalan

Halia dengan nama botaninya *Zingiber officinale Roscoe* di mana rizomnya diambil dan selalu digunakan sebagai bahan rempah dalam masakan. Rizom adalah akar halia yang berwarna kuning dan berbuku serta mempunyai rasa pedas dan beraroma. Halia mempunyai ketinggian 30 cm dan boleh mencecah 100 cm serta berdaun panjang dan tirus di hujung, tersusun berdekatan satu sama lain antara 10 – 12 batang halia dalam satu rumpun. Halia biasanya ditanam di kawasan tanah tinggi iaitu 1,200 – 1,500 m dari aras laut. Di Malaysia, halia ditanam secara komersial di Bentong, Keningau dan Tambunan. Varieti utama yang menjadi pilihan penanam halia ialah Bentong, Bara, Cina dan Indonesia. Halia sesuai ditanam di pelbagai jenis tanah seperti tanah gambut, tanah liat dan tanah bris yang mendatangkan hasil yang baik jika ditanam pada tanah jenis lom peroi yang bersaliran baik dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Nilai pH tanah untuk pertumbuhan halia ialah 4.3 – 7.4 dan pH optimum ialah 6.8 – 7.0.

Halia dituai dari ladang setelah mencapai dua peringkat kematangan iaitu halia muda yang berusia 4 – 5 bulan selepas ditanam dan halia tua yang berusia 8 – 9 bulan selepas ditanam. Penuaian halia dilakukan dengan melonggarkan pegangan rizom halia daripada tanah dengan cara mengangkat rizom tersebut daripada tanah. Halia yang telah dituai dari ladang perlu melalui proses pembersihan untuk membuang tanah yang melekat pada rizom. Proses pembersihan rizom penting untuk mengelakkan tanah yang melekat pada permukaan rizom halia kering. Ini boleh menyebabkan halia mudah tercemar dengan pencemaran mikroba dan kulat seterusnya akan menyumbang kepada kehilangan lepas tuai yang tinggi.

Kebanyakan pengusaha penanaman halia membersihkan halia yang telah dituai secara manual menggunakan teknik tong rendaman dan kaedah pam jet air. Kaedah ini mengambil masa selama 3 jam untuk membersihkan 100 kg halia serta penggunaan tenaga buruh seramai tujuh orang. Sehubungan itu, satu sistem mekanisasi pembersihan halia segar yang merangkumi sistem pembersihan dan rawatan halia segar dibangunkan untuk membantu pengusaha.

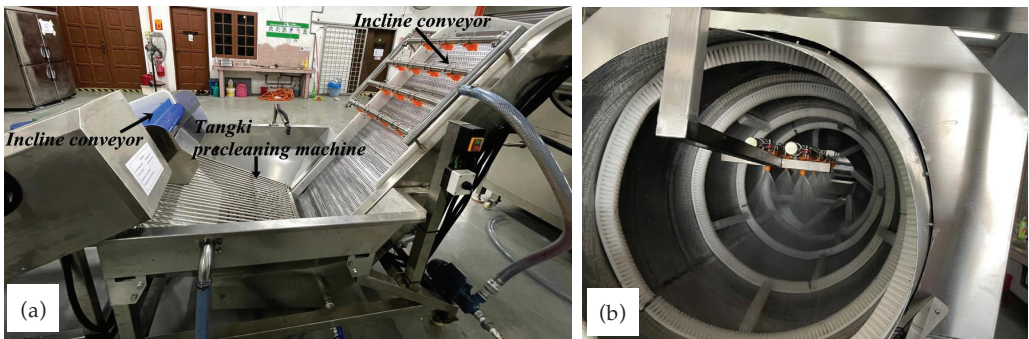
Sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar

Komponen utama sistem pembersihan dan rawatan halia segar tembikai terdiri daripada mesin *precleaning* dan mesin *drum washer* seperti dalam *Gambar 1*. *Precleaning machine* [*Gambar 2 (a)*] terdiri daripada tangki basuhan dan *air burble water pump*. Tangki mesin *precleaning* berukuran 2 m panjang, 1.5 m lebar dengan kedalaman 1.5 m digunakan untuk melakukan prapembersihan rizom halia. Tangki itu terbuka di bahagian atas dan disambung kepada *incline conveyor* untuk memasukkan rizom halia yang belum dibersihkan dari ladang ke dalam tangki mesin *precleaning* [*Gambar 2 (b)*]. Proses prapembersihan rizom halia segar [*Gambar 3 (a)*] pada mesin *precleaning* dilakukan oleh aliran air berbuih dari bawah ke atas yang dijanakan oleh *air burble water pump* seperti dalam *Gambar 3 (b)*. Rizom halia yang berada dalam tangki mesin *precleaning* akan dibawa masuk ke dalam mesin *drum washer* oleh *incline conveyor* yang dipasang antara mesin *precleaning* dan mesin *drum washer* [*Gambar 3(c)*].

Mesin *drum washer* mempunyai ukuran panjang *drum* 242 cm dan diameter *drum* 60 cm. Mesin ini dilengkapi dengan *spiral brush* yang dipasang secara melengkung di sepanjang *drum* dengan beberapa keratan berus diletakkan di antara lengkungan *spiral brush* dan 15 *nozzle water jet* dipasang pada bahagian tengah mesin. Apabila mesin *drum washer* ini berpusing, keratan berus membersihkan rizom halia segar manakala *spiral brush* ini menggerakkan halia daripada *inlet drum washer* kepada *outlet mesin drum washer* [*Gambar 3(d)*]. Mesin *drum washer* juga dipasangkan dengan tangki basuhan yang bersaiz 80 cm lebar, 111 cm panjang dan 41 cm dalam yang diisi dengan air klorin 200 ppm untuk tujuan sanitasi.



Gambar 1. Komponen utama sistem pembersihan dan rawatan halia



Gambar 2. (a) Mesin precleaning dan (b) Bahagian dalam mesin drum washer



Gambar 3. (a) Rizom halia segar yang diselaputi tanah diletakkan di atas incline conveyor, (b) Halia dari incline conveyor dimasukkan ke dalam mesin precleaning, (c) Halia yang telah melalui prapembersihan di dalam precleaning machine dimasukkan dalam mesin drum washer melalui incline conveyor dan (d) Halia dibasuh dalam mesin drum washer

Penilaian kualiti pembersihan halia

Penilaian kesan sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia terhadap kualiti halia dijalankan dengan menyimpan dua set sampel halia iaitu T1: Pembersihan oleh sistem mekanisasi dan T2: pembersihan secara manual. Kedua-dua set halia tersebut disimpan pada suhu persekitaran 25 °C selama empat minggu dengan pensampelan mingguan. Penilaian dilakukan ke atas kehilangan berat, *moisture content*, kandungan pepejal terlarut dalam nilai Brix dan nilai bacaan *chromameter* L, a dan b.

Prestasi sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar

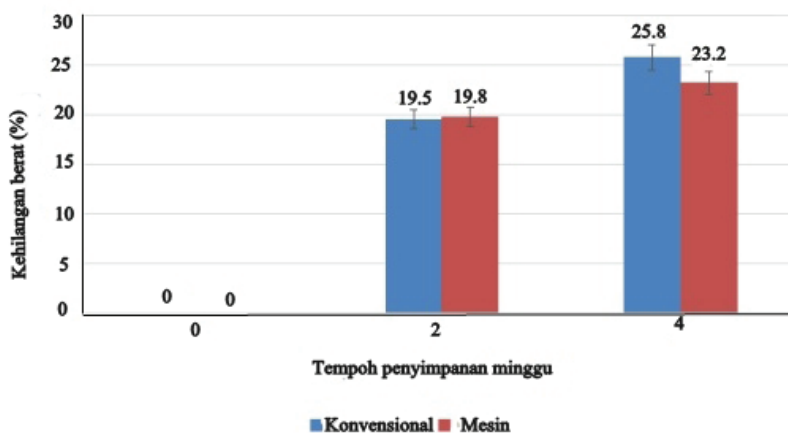
Penggunaan mekanisasi dalam pembersihan dan rawatan halia segar telah menunjukkan beberapa kelebihan dari segi kapasiti dan keberkesanan proses. Kajian menunjukkan bahawa sistem mekanisasi ini tidak memberi kesan ketara terhadap kehilangan berat dan kandungan kelembapan halia berbanding dengan kaedah manual. Ini menunjukkan kualiti fizikal halia kekal hampir sama tanpa mengira kaedah pembersihan yang digunakan. Selain itu, penggunaan air berklorin sebanyak 200 ppm dalam proses sanitasi dapat memanjangkan hayat penyimpanan halia sehingga minggu keempat. Kajian terdahulu juga mengesahkan bahawa proses sanitasi dapat memanjangkan tempoh penyimpanan kunyit dan lengkuas. Ini menunjukkan bahawa sanitasi adalah langkah penting dalam pengurusan selepas penuaian untuk memastikan kesegaran dan keselamatan produk.

Kesan kepada kehilangan berat

Kajian menunjukkan bahawa peratus kehilangan berat halia muda meningkat seiring dengan tempoh penyimpanan. Kehilangan berat merujuk kepada pengurangan jumlah air dalam rizom yang biasanya disebabkan oleh penyejatan atau transpirasi semasa penyimpanan. Penurunan berat rizom akan memberi kesan kepada potensi pengurangan kualiti dan kesegaran.

Rajah 1 menunjukkan perbandingan penurunan berat halia muda menggunakan teknik pembasuhan secara manual (konvensional) dan mekanisasi sepanjang tempoh penyimpanan empat minggu dengan selang masa dua minggu. Tempoh dua minggu penyimpanan, pembasuhan manual menyebabkan penurunan berat rizom sebanyak 19.5%, manakala pembasuhan mekanisasi menunjukkan penurunan berat rizom sebanyak 19.8%. Walau bagaimanapun, selepas empat minggu penyimpanan, halia muda yang dibasuh secara manual mengalami penurunan berat rizom sebanyak 25.8%, sementara halia yang dibasuh secara mekanikal menunjukkan penurunan berat rizom sebanyak 23.2%. Walaupun penurunan berat antara kedua-dua kaedah ini dilihat tinggi pada awal dua minggu namun pada selang masa dua minggu seterusnya, perbezaan adalah minimum iaitu dibasuh secara manual mengalami kehilangan berat sebanyak 6.3%, berbanding dengan pembasuhan mekanisasi 3.4%. Ini mungkin disebabkan oleh penyingkiran kelembapan permukaan yang lebih efektif melalui pembasuhan mekanisasi yang menyebabkan proses dehidrasi berlaku dengan lebih perlahan. Kehilangan berat dalam halia muda semasa penyimpanan berlaku akibat proses dehidrasi, di mana air daripada rizom halia muda mengewap ke udara. Perbezaan antara pembasuhan manual dan mekanisasi dalam mengurangkan kehilangan berat berkaitan dengan cara kedua-dua kaedah ini menguruskan kelembapan permukaan halia. Dalam teknik pembasuhan manual, halia muda dibersihkan dengan tangan dan digosok menggunakan span oleh beberapa pekerja yang berbeza. Keadaan ini berpotensi menyebabkan kecederaan

pada lapisan kulit luar halia akibat tekanan dan daya yang digunakan untuk membersihkan halia muda tersebut. Kecederaan ini boleh meningkatkan kehilangan kelembapan permukaan dan mempercepatkan proses dehidrasi, seterusnya menyebabkan kehilangan berat yang lebih tinggi sepanjang masa penyimpanan. Sebaliknya, teknik pembasuhan mekanikal menggunakan mesin yang direka khas untuk membersihkan halia muda dengan lebih efisien. Mesin ini dilengkapi dengan sistem penyiraman air pada tekanan sekata yang mengurangkan kecederaan pada lapisan kulit dan membantu mengurangkan kadar penyejatan air daripada rizom. Oleh itu, kadar kehilangan berat lebih rendah dengan pembasuhan mekanikal berbanding dengan pembasuhan manual dalam jangka masa panjang. Dengan demikian, pembasuhan mekanikal dapat mengekalkan berat dan kualiti halia semasa penyimpanan lebih baik berbanding dengan kaedah manual.

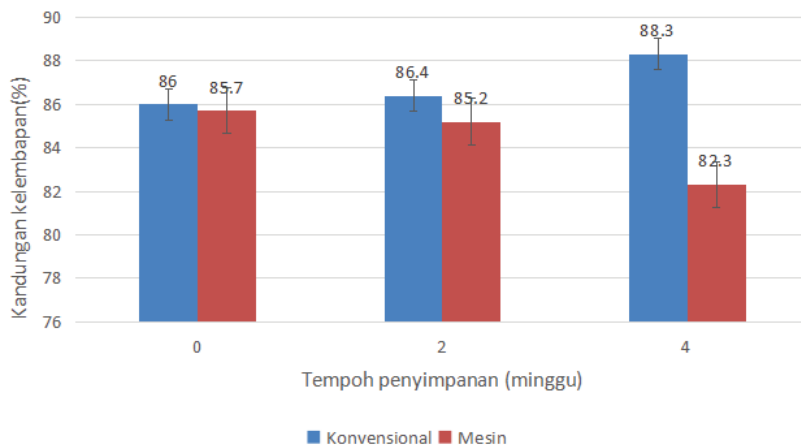


Rajah 1. Perbandingan kehilangan berat halia yang dibasuh secara konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan

Kesan kepada kelembapan

Kandungan kelembapan merujuk kepada jumlah air yang terkandung dalam rizom pada satu-satu masa tertentu dan dinyatakan sebagai peratusan berat keseluruhan rizom. Dalam kajian ini, kandungan kelembapan halia yang dibersihkan secara manual dan mekanisasi semasa penyimpanan menunjukkan perbezaan yang ketara dari masa ke masa. Pada permulaan penyimpanan (minggu 0), kandungan kelembapan halia muda yang dibersihkan secara manual ialah 86.0%, manakala yang dibersihkan secara mekanisasi ialah 85.7%. Perbezaan ini kecil dan menunjukkan bahawa kedua-dua kaedah pembasuhan ini tidak memberikan perbezaan ketara dalam mengekalkan kelembapan awal. Selepas dua minggu, kandungan kelembapan halia yang dibersihkan secara manual meningkat sedikit kepada 86.4%, sementara yang dibersihkan secara mekanikal menurun kepada 85.2%. Perbezaan 1.2% ini menunjukkan bahawa kaedah

manual cenderung mengekalkan lebih banyak kelembapan dalam halia berbanding dengan kaedah mekanisasi pada tahap awal penyimpanan. Selepas empat minggu penyimpanan, perbezaan menjadi lebih ketara dengan kandungan kelembapan halia yang dibersihkan secara manual meningkat kepada 88.3%, manakala yang dibersihkan secara mekanikal menurun kepada 82.3%. Perbezaan sebanyak 5% ini menunjukkan bahawa kaedah manual lebih efektif dalam mengekalkan kelembapan sepanjang tempoh penyimpanan. Meskipun, kelembapan yang tinggi boleh mengurangkan risiko kekeringan, ia boleh meningkatkan risiko pertumbuhan mikrob atau kerosakan jika tidak diuruskan dengan betul. Sebaliknya, kaedah mekanisasi menyebabkan kehilangan kelembapan lebih banyak yang mungkin membantu mengurangkan risiko kerosakan, tetapi boleh mengakibatkan halia muda menjadi lebih kering. Oleh itu, pemilihan kaedah pembasuhan dan pengurusan penyimpanan yang sesuai adalah penting untuk memastikan kualiti dan keselamatan produk halia.

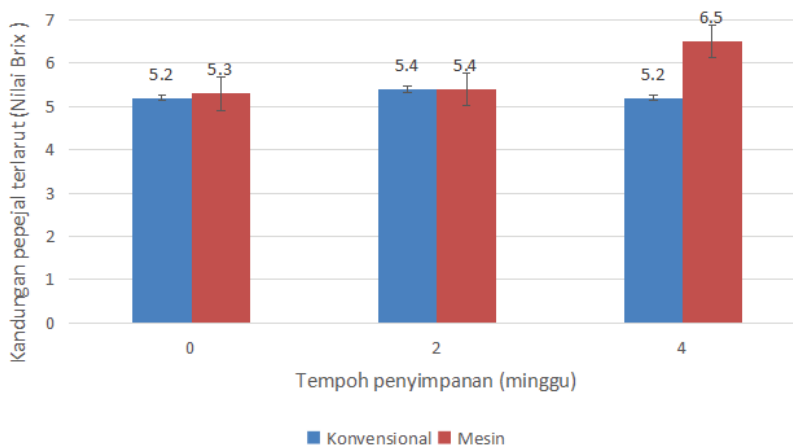


Rajah 2. Perbandingan kandungan kelembapan halia yang dibasuh secara konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan

Kesan kepada kandungan pepejal terlarut

Rajah 3 menunjukkan perbandingan kandungan pepejal terlarut dalam nilai Brix untuk halia yang dibersihkan secara manual dan mekanikal semasa penyimpanan selama 0, 2 dan 4 minggu. Pada minggu 0, nilai Brix bagi halia yang dibersihkan secara manual ialah 5.2, manakala bagi halia yang dibersihkan secara mekanisasi ialah 5.3. Selepas dua minggu, nilai Brix bagi kedua-dua kaedah meningkat kepada 5.4. Namun, selepas empat minggu, nilai Brix bagi halia yang dibersihkan secara manual kekal pada 5.2, sementara nilai Brix bagi halia yang dibersihkan secara mekanisasi meningkat kepada 6.5. Ini menunjukkan bahawa kaedah pembasuhan secara mekanisasi menyebabkan peningkatan kandungan pepejal terlarut dalam halia sepanjang tempoh penyimpanan, berbanding dengan kaedah manual yang

mengekalkan nilai Brix yang lebih konsisten. Peningkatan nilai Brix dalam halia yang dibersihkan secara mekanikal selepas empat minggu mungkin menunjukkan peningkatan kandungan gula yang boleh mempengaruhi rasa dan kualiti keseluruhan halia. Peningkatan nilai Brix dalam halia yang dibersihkan secara mekanikal selepas empat minggu penyimpanan mungkin disebabkan oleh kecederaan mikro pada tisu halia yang tidak berlaku semasa pembersihan manual. Ini akan merangsang aktiviti enzim yang memecahkan polisakarida menjadi gula mudah, seterusnya meningkatkan nilai Brix. Pengurangan kandungan air yang lebih besar dalam halia yang dibersihkan secara mekanisasi juga boleh meningkatkan kepekatan pepejal terlarut. Selain itu, perubahan metabolik akibat pembersihan secara mekanisasi mungkin meningkatkan penghasilan atau pengumpulan gula sebagai respons terhadap tekanan atau kecederaan tisu. Penggunaan air berklorin dalam proses secara mekanisasi juga boleh mempengaruhi struktur sel halia yang memungkinkan peningkatan kepekatan gula sebagai respons kepada perubahan osmotik atau kimia. Kombinasi faktor-faktor ini dapat menjelaskan mengapa halia yang dibersihkan secara mekanikal menunjukkan peningkatan nilai Brix yang lebih besar selepas tempoh penyimpanan berbanding dengan halia yang dibersihkan secara manual.



Rajah 3. Perbandingan kandungan pepejal terlarut dalam nilai Brix untuk halia yang dibersihkan menggunakan kaedah konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan

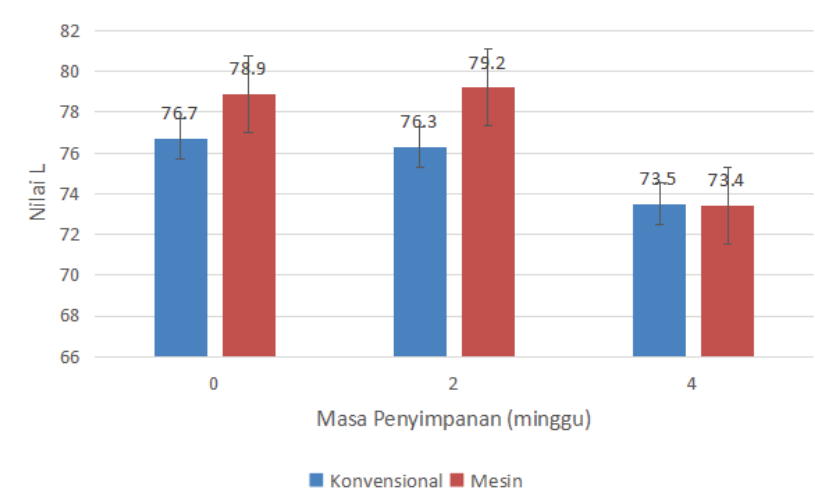
Kesan kepada perubahan warna

Kromameter digunakan untuk mengukur warna sesuatu objek dalam ruang warna tiga dimensi dengan komponen L^* , a^* dan b^* yang biasa digunakan dalam pengukuran warna CIELAB. Nilai L^* menunjukkan kecerahan warna dengan skala daripada 0 – 100, di mana 0 mewakili hitam sempurna dan 100 mewakili putih sempurna. Rajah 4 menunjukkan perubahan nilai L^* (kecerahan) pada halia yang dibersihkan menggunakan kaedah manual dan

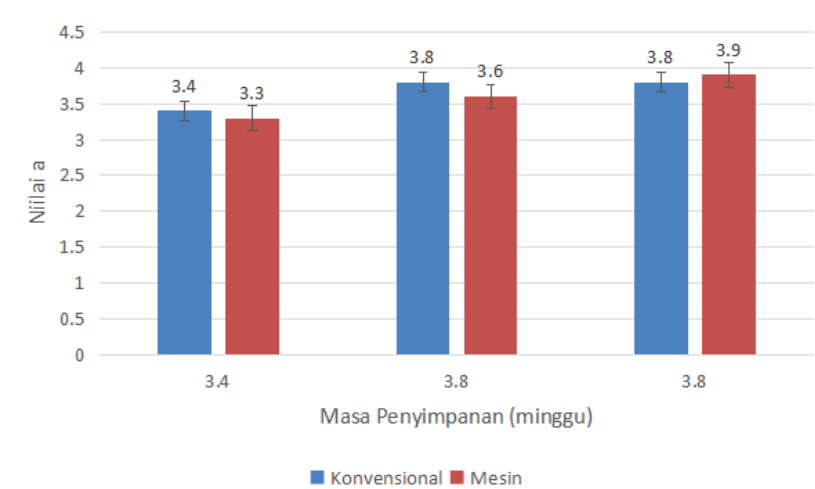
secara mekanisasi semasa penyimpanan selama 0, 2 dan 4 minggu. Pada minggu 0, nilai L^* bagi halia yang dibersihkan secara manual ialah 76.7, manakala bagi halia yang dibersihkan secara mekanisasi ialah 78.9, menunjukkan halia yang dibersihkan secara mekanisasi lebih cerah pada permulaan penyimpanan. Selepas dua minggu, nilai L^* bagi halia yang dibersihkan secara manual menurun sedikit kepada 76.3, manakala nilai L^* bagi halia yang dibersihkan secara mekanisasi meningkat sedikit kepada 79.2. Namun, selepas empat minggu penyimpanan, nilai L^* bagi kedua-dua kaedah pembersihan menurun lebih ketara dengan halia yang dibersihkan secara manual mempunyai nilai L^* sebanyak 73.5 dan halia yang dibersihkan secara mekanikal mempunyai nilai L^* sebanyak 73.4. Penurunan nilai L^* ini menunjukkan halia menjadi lebih gelap dengan penyimpanan yang lebih lama, kemungkinan disebabkan oleh proses pengeringan yang berlaku semasa penyimpanan. Kesimpulannya, kaedah pembersihan dan tempoh penyimpanan mempengaruhi kecerahan warna halia dengan pembersihan mekanikal pada awalnya menghasilkan halia yang lebih cerah, tetapi kedua-dua kaedah mengalami penurunan kecerahan selepas penyimpanan yang berpanjangan.

Nilai a^* dalam sistem CIELAB mewakili komponen warna merah-hijau. Nilai positif a^* menunjukkan peralihan warna ke arah merah, manakala nilai negatif menunjukkan peralihan ke arah hijau. Nilai sifar a^* menunjukkan ketidakadaan peralihan warna ke arah merah atau hijau, menjadikannya neutral dalam spektrum warna tersebut. Pada *Rajah 5*, nilai a^* digunakan untuk mengukur perubahan warna halia muda semasa penyimpanan dan menunjukkan bagaimana warna merah-hijau berubah dari masa ke masa bergantung pada kaedah pembasuhan. Bagi halia yang dibersihkan secara manual, terdapat peningkatan sedikit dalam nilai a^* sepanjang tempoh penyimpanan. Sebaliknya, halia yang dibersihkan secara mekanisasi menunjukkan peningkatan yang lebih ketara dalam nilai a^* . Peningkatan dalam nilai a^* ini menunjukkan bahawa halia muda mengalami perubahan warna ke arah merah sepanjang tempoh penyimpanan. Perubahan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor. Peningkatan nilai a^* yang lebih ketara dalam halia yang dibersihkan secara mekanisasi mungkin menunjukkan bahawa kaedah pembersihan ini menyebabkan kecederaan mikro atau perubahan pada permukaan halia yang mempengaruhi perubahan warna merah-hijau dengan lebih dramatis. Ini mungkin disebabkan oleh peningkatan pendedahan permukaan halia yang mengalami proses mekanikal yang intensif, menyebabkan reaksi warna yang lebih ketara berbanding dengan halia yang dibersihkan secara manual. Kesimpulannya penyimpanan menyebabkan peningkatan dalam komponen warna merah-hijau pada halia muda dengan kaedah pembasuhan mekanikal mempengaruhi perubahan ini dengan lebih ketara. Peningkatan nilai a^* menunjukkan perubahan warna

ke arah merah yang mungkin disebabkan oleh faktor kimia atau perubahan struktur permukaan halia semasa penyimpanan dan proses pembersihan.

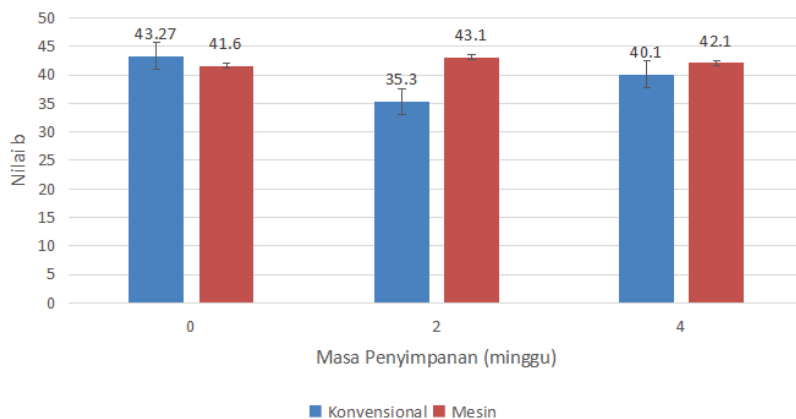


Rajah 4. Perubahan nilai L (Lightness) pada halia yang dibersihkan menggunakan kaedah konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan



Rajah 5. Perubahan nilai a pada halia yang dibersihkan menggunakan kaedah konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan

Nilai b^* dalam sistem CIELAB mewakili komponen warna kuning-biru. Nilai positif b^* menunjukkan peralihan ke arah kuning, sementara nilai negatif menunjukkan peralihan ke arah biru. Nilai sifar b^* menunjukkan ketidakadaan peralihan warna ke arah kuning atau biru menjadikannya neutral dalam spektrum warna tersebut. *Rajah 6* menunjukkan variasi nilai b^* semasa penyimpanan halia untuk kedua-dua kaedah pembersihan. Bagi halia yang dibersihkan secara manual, terdapat penurunan dalam nilai b^* pada minggu kedua diikuti dengan peningkatan pada minggu keempat. Sebaliknya, bagi halia yang dibersihkan secara mekanisasi, nilai b^* meningkat pada minggu kedua dan sedikit menurun pada minggu keempat. Perubahan dalam nilai b^* menunjukkan bahawa penyimpanan halia muda mempengaruhi komponen warna kuning-biru dengan kesan yang berbeza bergantung pada kaedah pembasuhan yang digunakan. Penurunan nilai b^* bagi pembasuhan manual pada minggu kedua mungkin menunjukkan kehilangan intensiti warna kuning atau peningkatan komponen warna biru. Peningkatan semula pada minggu keempat menunjukkan perubahan dalam komponen kuning selepas tempoh penyimpanan yang lebih lama. Untuk pembasuhan mekanikal, peningkatan nilai b^* pada minggu kedua menunjukkan peningkatan intensiti warna kuning, sementara penurunan sedikit pada minggu keempat mungkin menunjukkan penurunan semula dalam warna kuning atau peningkatan komponen warna biru. Perubahan dalam nilai b^* menunjukkan bahawa penyimpanan dan kaedah pembasuhan mempengaruhi komponen warna kuning-biru pada halia muda, tetapi tidak ada trend konsisten antara kedua-dua kaedah pembasuhan. Ini memberikan gambaran tentang bagaimana proses penyimpanan dan kaedah pembersihan boleh mempengaruhi perubahan warna pada halia muda, khususnya dalam aspek warna kuning-biru yang diukur oleh nilai b^* .



Rajah 6. Perubahan nilai b pada halia yang dibasuh menggunakan kaedah konvensional (manual) dan mesin (mekanisasi) semasa penyimpanan

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar menawarkan beberapa kelebihan berbanding dengan pembersihan manual, termasuk pengurangan risiko pertumbuhan mikroba, peningkatan kandungan pepejal terlarut dan kemanisan yang lebih tinggi. Walau bagaimanapun, kedua-dua kaedah pembersihan mengalami penurunan dalam kecerahan warna halia semasa penyimpanan. Oleh itu, pembasuhan secara mekanisasi boleh dianggap sebagai pilihan yang lebih bermanfaat untuk mengekalkan berat dan kualiti halia semasa penyimpanan dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kelembapan, kandungan gula dan penampilan warna.

Penghargaan

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada MARDI untuk dana penyelidikan Projek Pembangunan RMK-12 (PRM521) dan penggunaan fasiliti penyelidikan.

Bibliografi

- Agrwal, Y. C., Hiran, A., & Galundia, A. S. (1987). Ginger peeling machine parameters. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 18, 59–62.
- Ambrose, D. C. P., & Annamalai, S. J. K. (2013). Development of a manually operated root crop washer. *African Journal of Agricultural Research*, 8, 3097–3101.
- Bernard, T., Desdemona, N. N., Aduni U. A. I, Agbor C. E., Noel T., Eurydice F. T. N., Fabrice T.D., & Bertrand T. F. I, (2021). Nutritional, sensory, physico-chemical, phytochemical, microbiological and shelf-life studies of natural fruit juice formulated from orange (*Citrus sinensis*), lemon (*Citrus limon*), Honey and Ginger (*Zingiber officinale*). *Heliyon*, 7(6) e07177. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07177>.
- Casimero, N., Marcelo, Q., & Binas, E. (2021). Postharvest quality and shelf life of ginger (*Zingiber officinale*) as affected by different storage methods. *International Journal for Innovative Engineering and Management Research*, 10, 467–479. 10.48047/IJIEMR/V10/I04/95.
- Choi, M., Han, I., Mohtashami, K., & Walker, K. (2014). Design of a small scale root crop washer. *McGill University –MacDonald Campus, Canada*.
- CIE Publication No. 15.2 (1986), Colorimetry, Second edition.
- CIE Publication 15.2 (1986) . *Colorimetry* Vienna: CIE.
- Emers, M. (2012). Barrel washer for cleaning root crops, *Alaska Agricultural Innovation Grant Report 2012. Department of Natural Resources, Alaska, USA*.

- Fisher, P., Freyre, R., Gómez, C., Pearson, B., Sanchez-Jones, T., Steed, S., Laughlin, W., Hochmuth, R., Wasielewski, J., Lieurance, D., Harmon, C., Paret, M., Osborne, L., Athearn, K., Sargent, S., Zhang, M., Flores Vivar, S., Nelson, C., Retana-Cordero, M., & Tello, N. (2023). Ginger, galangal, and turmeric production in Florida: ENH1374/EP638, 8/2023. EDIS. 2023. 10.32473/edis-ep638-2023, <https://journals.flvc.org/edis/article/view/133197>.
- Govindarajan, V. S. (1982). Ginger-chemistry, technology, and quality evaluation: Part 1 *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 17, 1–96.
- Ghuman. R. S., Khanna, R., Singla, S., Singh, P., & Singh, H. (2014). Designing and fabrication of automatic root crop washer. *International Journal of Research in Mechanical Engineering & Technology*, 4, 222–224.
- Hernani, Winarti, C., Hidayat, T., Bin A. A., & Yuliani, S. (2024). Physicochemical evaluation of coated ginger during long-term storage: Impact of chitosan and beeswax bilayer coatings at different temperatures, *Scientifica*, 2054943, 8 pages. Diperoleh dari <https://doi.org/10.1155/2024/2054943>.
- Krokida, M. K., Tsami, E., & Maroulis, Z. B. (1998). Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. *Drying Technology*, 16(3–5), 667–685.
- Oluwadara, P. O., Abiodun, O. O., Olubukola, O. B., & Mulunda, M. (2019). Comparative study of aflatoxin contamination of winter and summer ginger from the North West Province of South Africa. *Toxicology Reports*, 6, 489–495.
- Oluwadara, P. O., Abiodun, O. O., Olubukola, O. B., & Mulunda, M. (2019). Comparative study of aflatoxin contamination of winter and summer ginger from the North West Province of South Africa. *Toxicology Reports*, 6, 489–495.
- Peter, K. V., & Zachariah, T. J. (2000). Spice oils and oleoresins: Challenges and opportunities. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences* 22, 247–252.
- Taghavia, T., Bell, M., Opoku, M., James, C., Siddiqui, R., & Rafie, R. (2022). Quality and shelf life of ginger (*Zingiber officinale*) and turmeric (*Curcuma longa*) as affected by temperature and packaging. *Acta Horticulturae*, 205–210. Diperoleh dari 10.17660/ActaHortic.2022.1340.32.
- Villamor, C. C. (2012). Micropropagation techniques for ginger, *Zingiber officinale* Rosc., an important medicinal plant. *E-International Scientific Research Journal*, 14, 241–249.
- Weiss, E. A. (2002). Spice Crops. CAB International Publishing, Oxon, UK.
- Zachariah, T. J. (1999). Ginger. Dalam: Chemistry of Spices, (eds. V.A. Parthasarathy, B. Chempakam and T.J. Zachariah), CAB International, Wallingford, 79–96.

Ringkasan

Artikel ini membincangkan pembangunan dan penilaian prestasi sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar oleh Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, MARDI. Sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar memfokus halia segar untuk pasaran tempatan sebagai model kepada usahawan tani untuk meneroka industri ini. Sistem mekanisasi pembersihan dan rawatan halia segar digunakan dalam proses pembersihan dan sanitasi bagi memanjangkan jangka hayat halia yang bermanfaat untuk pengusaha memasarkan produk halia segar yang berkualiti untuk pasaran tempatan seperti pasar borong dan runcit. Penilaian prestasi sistem telah dilaksanakan bagi sistem mekanisasi ini dimana sistem pembersihan dan rawatan halia telah dinilai prestasi dari aspek kapasiti dan kecekapan proses pembersihan, penilaian kesan sistem terhadap kualiti halia segar.

Summary

The article discusses the development and performance evaluation of cleaning and treatment for a mechanised cleaning and treatment system for fresh ginger by Engineering Research Centre, MARDI. The mechanised system of cleaning and treatment of fresh ginger focuses on fresh ginger for the local market as a model for entrepreneurs to explore this industry. A mechanised system for cleaning and treating fresh ginger is used in the cleaning and sanitation process to extend the life of ginger and provide benefits for entrepreneurs to market quality fresh ginger products for local markets such as wholesale and retail markets. A system performance evaluation has been carried out for this mechanised system where the ginger cleaning and treatment system has been evaluated for performance in terms of the capacity and efficiency of the cleaning process, evaluation of the system's impact on the quality of fresh ginger.

Pengarang

Badaruzzaman Mohamad Noh (Dr.)
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor
E-mel: badar@mardi.gov.my

Masniza Sairi (Dr.), Ishak Hashim, Wan Mohd Fariz Wan Azman, Asnawi Shahar, Hasmin Hakim Hasbullah, Teoh Chin Chuang (Dr.), Sha'fie Alwi, Mohd Zaimi Zainol Abidin, Mohd Hafiz Mohamed Amin Tawakkal, Ahmad Fadhlul Wafiq Ab Rahman dan Mohd Azmir Redzuan Sani
Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor

Noor Ismawaty Nordin
Pusat Penyelidikan Tanaman Industri, Ibu Pejabat MARDI,
Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor