

Sifat fizikal dan mekanikal batang pokok sagu (*metroxylon spp.*)

W.A. Wan Mohd Fariz^{1,2}, S. Rosnah^{1,*} dan H. Azman²

¹Jabatan Kejuruteraan Proses dan Makanan, Falkulti Kejuruteraan, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia.

²Pusat Penyelidikan Kejuruteraan, Ibu Pejabat MARDI, Persiaran MARDI-UPM, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia.

*Corresponding author. Tel.: +603-89466366, Email:rosnahs@upm.edu.my

Abstrak

Pokok sagu rumbia (metroxylon spp.) mempunyai batang yang tegak, lurus, berkulit keras dan berteras lembut yang terbina daripada serat berorientasi selari dengan arah batang pokok. Kanji yang dihasilkan oleh pokok disimpan di bahagian terasnya sebagai makanan simpanan. Dalam proses- pengekstrakan sagu, teras batang sagu perlu dipecahkan kepada saiz yang lebih halus/kecil melibatkan penggunaan sistem mekanikal yang bergantung kepada sifat fizikal dan mekanikal pokok. Oleh itu, satu kajian ke atas batang pokok sagu dijalankan untuk mengenal pasti sifat fizikal dan mekanikalnya. Tiga sampel bagi setiap empat pokok sagu berukuran 50 cm panjang telah diukur sifat fizikal dari segi diameter (45.41 ± 2.81 cm), ketebalan kulit (1.43 ± 0.19 cm) dan nisbah berat kepada panjang keratan (1.12 ± 0.21 kg/cm). 12 sampel blok teras batang pokok sagu berukuran 4cm x 4cm x 4cm disediakan dan ditentukan kandungan lembapan (MC%). Sampel blok diletak pada kedudukan orientasi serat berselari dengan arah pergerakan jarum penguji (P/5: 5mm Dia Cylinder Stainless Steel) yang dipasang pada Texture Analyzer untuk mengukur daya kerapuhan, dan proses ini diulang dengan kedudukan orientasi serat blok sampel secara berserenjang. Berdasarkan keputusan ujikaji, daya kerapuhan pada arah selari dengan orientasi serat (529.15 ± 19.14 N/cm²) lebih tinggi berbanding arah serenjang (317.91 ± 22.08 N/cm²) di mana nilai $P < 0.05$. Ini menunjukkan kehadiran orientasi serat dalam teras mempengaruhi daya kerapuhan.

Keywords: Sagu, Orientasi serat, Daya kerapuhan

Pengenalan

Pokok sagu rumbia (*metroxylon spp.*) merupakan sejenis tumbuhan tropika yang hidup di persekitaran lembab termasuk di kawasan berpaya (Jong, 1995). Ianya juga dipercayai antara tumbuhan yang terawal dituai untuk mendapatkan batang pokok dan diproses untuk menghasilkan kanji (Mathur 1998). Antara kelebihan pokok sagu adalah kandungan kanjinya empat kali ganda daripada makanan ruji Asia Timur iaitu beras seperti dinyatakan oleh Yamamoto (2014). Oleh itu, ianya berpotensi besar untuk dijadikan salah satu daripada sumber bahan mentah bagi industri pembuatan melibatkan penggunaan kanji. Di Malaysia, Sarawak merupakan salah satu negeri yang mempunyai kawasan berpaya yang luas dan bersesuaian bagi penanaman pokok sagu. Industri sagu di Sarawak telah berkembang maju dan penting kerana menjadi salah satu penyumbang kepada pendapatan nilai ekport negara. (Kamal, 2007; Karim, 2008). Mengikut laporan Jabatan Statistik Malaysia (MDS, 2005), nilai eksport kanji sagu gred makanan adalah sebanyak 45,300 tan metrik, bersamaan RM40.4 juta. Pada tahun 2015, sebanyak 184,163 metrik tan sagu telah dikeluarkan oleh Malaysia (DOA, 2015) dengan anggaran nilai sebanyak RM 164.2 juta.

Kaedah pengestrakan kanji sagu daripada batang pokok adalah melalui kaedah yang sama dengan pemprosesan kanji daripada sumber lain seperti daripada akar tumbuhan atau bijirin secara amnya. Tambahan, pemprosesan sagu secara moden dan tradisional tidak mempunyai perbezaan yang ketara kecuali dari segi

penggunaan teknologi yang lebih moden dan kuantiti pengeluaran yang lebih tinggi.

Secara amnya, kulit batang sagu dikupas dan dibelah kepada beberapa bahagian sebelum ianya diproses. Seterusnya, dengan kaedah tradisional batang sagu akan diparut menggunakan pamarut daripada ceracak buluh dan parutan sagu dimasukkan ke dalam bakul anyaman daun pokok sagu. Kemudian, parutan sagu disiram dengan air serta diperah dengan tangan, manakala larutan air yang mengandungi kanji sagu mengalir ke dalam takungan. Larutan berkenaan dibiarkan seketika supaya kanji sagu mendap ke dasar takungan. Akhir sekali, air di permukaan takungan dialirkan keluar dan mendapan yang terhasil adalah sagu basah (Flach, 1983; Singhal, 2008; Yamamoto 2014). Bagi kaedah pemprosesan moden, batang sagu akan dipindahkan dari kawasan tuaian ke kilang pemprosesan. Ia berbeza dengan cara tradisional di mana ianya diproses terus di kawasan tuaian. Batang sagu yang telah dipotong akan diikat pada rakit dan dipindahkan melalui laluan sungai. Kepingan batang sagu yang telah dikupas kulit akan diparut menggunakan cakera atau aci berpaku dalam keadaan berpusing yang berkuasakan enjin diesel. Setelah itu, parutan sagu akan dipindahkan ke ruang penapisan yang diperbuat dari jaring besi dan akan dibilas dengan air. Seperti kaedah tradisional, larutan kanji sagu akan dikumpul dalam takungan dan dibiarkan selama 2 jam untuk proses mendapan. Setelah air

di ruang atas takungan dikeluarkan, sagu basah akan kelihatan di dasar takungan dan akan dikering secara jemuran di bawah sinar matahari (Cecil, 2002; Oates, 2002; Darma, 2017).

Berdasarkan laporan oleh Vikineswary (1994), 65.7% kanji sagu masih terdapat di dalam hampas setelah diekstrak. Dengan anggaran jumlah pengeluaran sagu hanya pada kadar 34.3% bersamaan 184,163 metrik tan pengeluaran pada tahun 2015, jika nilai kehilangan sebanyak pada kadar 65.7% adalah bersamaan 352,755 tan metrik dengan nilai RM 314.5 juta. Kehilangan ini berlaku disebabkan oleh ketidakcekan semasa proses pengekstrakan kanji sagu. Antara salah satu faktor yang menyumbang kepada ketidakcekan ini ialah faktor saiz batang sagu seperti dinyatakan oleh Cecil (1992) dan Wan Mohd Fariz (2018a), di mana ianya bergantung kepada saiz batang sagu yang pecah semasa proses memarut. Selain itu, faktor bilah pamarut (saiz, bentuk dan susunan) juga memainkan peranan seperti yang dinyatakan oleh Wan Mohd Fariz, (2018b). Oleh itu, faktor yang berkaitan dengan proses memarut amat penting untuk dikaji seperti sifat fizikal dan mekanikal batang sagu bagi meningkatkan kecekapan proses memarut kerana ianya mempengaruhi kuantiti hasil kanji sagu yang diperolehi.

Objektif kajian ini dijalankan untuk mengkaji sifat fizikal dan mekanikal batang sagu. Maklumat ini penting sebagai rujukan atau keperluan untuk merekabentuk mesin memarut.

Bahan dan kaedah

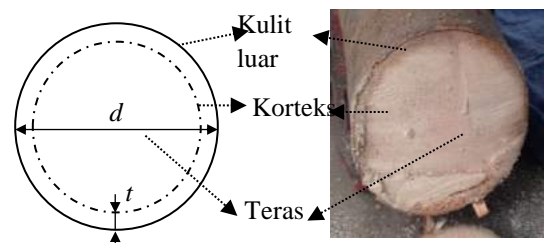
Bahan Ujikaji

Pemilihan pokok sagu yang dituai berdasarkan ciri-ciri kematangan pokok sebagai penanda aras. Ini disebabkan oleh kematangan pokok mempengaruhi hasil kanji sagu setelah diproses. Oleh itu, pemilihan pokok adalah berdasarkan kematangan yang berupaya menghasilkan kanji sagu yang tinggi setelah diproses. Mengikut kajian yang dijalankan oleh Jong (1995), dilaporkan bahawa hasil kanji sagu yang tinggi diperolehi setelah diproses ketika kematangan pokok berada di antara peringkat pertumbuhan dan berbunga. Berdasarkan pemerhatian yang dijalankan, amalan pemilihan ini juga diamal oleh para petani tempatan. Pokok sagu yang dituai bagi menjalankan ujikaji ini diambil dari kawasan Labu, Negeri Sembilan.

Pemeriksaan Fizikal Batang Pokok Sagu

Bagi ujikaji pemeriksaan fizikal batang pokok sagu, pokok sagu telah ditebang secara berperingkat bertujuan bagi pemeriksaan fizikal secara berterusan.

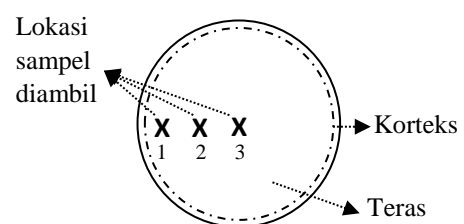
Setiap pokok yang ditebang akan dipotong kepada tiga bahagian dengan setiap satu sepanjang 50 cm. Tiga sampel batang pokok yang diambil ini merangkumi bahagian bawah (c: berhampiran dengan pangkal), bahagian tengah (b) dan bahagian atas (a: berhampiran dengan dahan pokok). Setiap sampel batang pokok akan ditimbang dengan penimbang digital 100 kg (DE-A11N, Kern, German) untuk mendapatkan berat. Dengan menggunakan pita pengukur, diameter (d) setiap sampel direkodkan dan manakala ketebalan kulit (t : jarak antara kulit luar dengan korteks; rujuk Rajah 1) batang sagu diukur menggunakan angkup vernier.



Rajah 1: Keratan rentas batang pokok sagu

Analisis Kandungan Kelembapan

Setiap sampel batang pokok dalam ujikaji ini ditentukan peratusan kandungan kelembapan (MC%) menggunakan pengukur digital (HE53 230V, Mettler Toledo, USA). Bacaan diambil sebanyak 3 kali di lokasi berbeza bagi setiap sampel batang pokok sagu untuk mendapatkan bacaan purata; sampel 1 diambil di bahagian sisi teras batang pokok (berdekatan dengan korteks), sampel 2 diambil di antara bahagian tengah teras dan sisi teras pokok dan sampel 3 diambil di bahagian tengah teras batang pokok (Rajah 2).

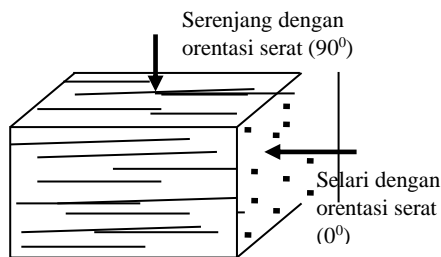


Rajah 2: Kedudukan sampel diambil pada keratan rentas batang pokok sagu

Analisis Tekstur

Untuk ujikaji sifat mekanikal teras batang sagu, setiap sampel batang sagu daripada pokok berbeza dikupas kulit menggunakan kapak. Teras batang sagu dipotong menggunakan bilah pisau kepada sampel kecil berbentuk blok berukuran kira-kira 4 cm x 4 cm x 4 cm. Kemudian, blok sampel ditanda

garis lurus mengikut arah orientasi serat teras batang sagu menggunakan dakwat kekal. Daya kerapuhan (N/cm^2) teras batang sagu ditentukan menggunakan alat penganalisis tekstur (TA.XTplus, Stable Micro Systems, UK). Dalam ujikaji ini, radas penembusan yang digunakan berbentuk silinder, berdiameter 0.5 cm, diperbuat daripada besi tahan karat dan dihubungkan kepada komputer untuk tujuan merekod. Kedalaman penembusan ditetapkan pada 2 cm dengan kelajuan pergerakan 190 mm/min. Kaedah yang sama digunakan untuk menentukan daya kerapuhan dan kekerasan oleh Rico (2006). Setiap sampel blok dari setiap bahagian batang sagu diuji analisa penembusan pada dua arah berbeza iaitu secara selari (0^0) dan seranjang (90^0) dengan arah orientasi serat batang sagu (Rajah 3).



Rajah 3: Arah penembusan pada sampel blok batang sagu

Keputusan dan perbincangan

Pemeriksaan Fizikal Batang Pokok Sagu

Pemeriksaan fizikal ke atas batang pokok sagu telah dijalankan bertujuan untuk mengenalpasti saiz, berat dan kandungan kelembapan. Maklumat asas ini penting sebagai panduan untuk membangunkan mesin memarut untuk kajian seterusnya. Berdasarkan keputusan (Jadual 1), batang pokok sagu yang dituai

di kawasan Labu, Negeri Sembilan mempunyai purata diameter 45.41 ± 2.81 cm. Nilai yang diperolehi adalah seperti yang dilaporkan oleh Jong (1995) iaitu saiz diameter pokok sagu matang yang direkodkan di kawasan Dalat, Sarawak dalam lingkungan 44 hingga 53 cm ($P > 0.05$). Jika dibandingkan, nilai tertinggi diameter yang direkodkan oleh Jong (1995) adalah sedikit lebih tinggi berbanding nilai yang diperolehi iaitu 50 cm dengan peratus perbezaan 5.83% (Persamaan 1). Ini disebabkan oleh perbezaan lokasi tanaman memberi kesan kepada faktor persekiran, cuaca dan kesuburan tanah. Faktor-faktor ini kebiasaannya mempengaruhi kadar pembesaran pokok, seperti faktor cuaca yang dilaporkan oleh Michael C.D. (2000) dan faktor kesuburan tanah atau penerimaan nutrisi oleh pokok seperti yang dilaporkan oleh Fageria V.D. (2001). Bagi perbezaan saiz diameter antara bahagian atas (a), tengah (b) dan bawah (c), ianya menunjukkan bahagian atas lebih kecil berbanding bahagian bawah bagi keseluruhan batang pokok sagu yang sama tetapi perbezaannya adalah tidak ketara (peratus perbezaan bagi sampel 1, 3 dan 4 ialah 4.08 %, 4.44% dan 2.41% dengan nilai $SD=1.93$) bagi semua sampel kecuali sampel 2 menunjukkan tiada perubahan saiz diameter pada keseluruhan batang. Kebiasaannya, bahagian bawah batang pokok lebih besar daripada bahagian atas bertujuan untuk menampung beban keseluruhan pokok. Edi Suhaimi B. (2008) merekodkan saiz diameter batang pokok kelapa sawit (spesis pokok sawit) boleh mencecah 60 cm dibahagian bawah berbanding atas hanya 50 cm. Namun, berdasarkan pemerhatian ianya berlaku sebaliknya pada sifat fizikal batang pokok sagu.

Jadual 1. Maklumat fizikal batang pokok sagu; Diameter, ketebalan kulit, nisbah berat kepada panjang dan kandungan kelembapan teras batang pokok sagu.

Ukuran fizikal	Diameter; d (cm)	Ketebalan kulit; t (cm)	Berat/ panjang (kg/cm)	MC (%)
1a	48.00	1.40	1.40	59.29 ± 3.76
1b	49.00	1.50	1.42	61.67 ± 2.56
1c	50.00	1.50	1.53	61.65 ± 2.10
2a	46.00	1.50	0.96	60.90 ± 1.31
2b	46.00	1.50	0.99	61.98 ± 0.56
2c	46.00	1.60	1.05	61.96 ± 1.09
3a	44.00	1.60	0.97	51.23 ± 1.72
3b	45.00	1.50	0.98	51.40 ± 0.23
3c	46.00	1.60	1.22	52.52 ± 0.66
4a	41.00	1.10	0.92	62.34 ± 1.68
4b	42.00	1.10	0.98	61.04 ± 0.24
4c	42.00	1.20	1.01	62.04 ± 1.24
Purata	45.41 ± 2.81	1.43 ± 0.19	1.12 ± 0.21	59.00 ± 4.47
Minimum	41.00	1.10	0.96	51.23 ± 1.72
Maksimum	50.00	1.60	1.53	62.04 ± 1.24
Mod	46.00	1.50	N/A	N/A

Seterusnya, nilai ketebalan kulit batang sagu yang diperolehi adalah dalam lingkungan 1.1 hingga 1.6 cm dengan nilai purata 1.43 ± 0.19 cm. Nilai yang direkodkan oleh Jong (1995) adalah dalam lingkungan 1.00 hingga 1.20 cm, manakala Hiroshi (2000) dalam lingkungan 0.80 hingga 1.88 cm dengan nilai purata 1.2 cm yang menunjukkan tiada perbezaan ketara dari segi purata ($P > 0.05$). Ini disebabkan oleh pokok yang dituai telah mencapai tahap kematangan dan dari spesies yang sama.

Dari segi berat pula, keputusan yang diperolehi menunjukkan nisbah berat batang sagu kepada panjang secara puratanya ialah 1.12 ± 0.21 kg/cm, manakala nilai yang dilaporkan oleh Jong (1995) ialah 1.48 ± 0.06 kg/cm secara purata semasa pokok pada peringkat mengeluarkan putik bunga dengan peratus perbezaan sebanyak 27.69% (Persamaan 1). Selain itu, peratusan kelembapan teras batang sagu yang direkodkan menunjukkan nilai purata sebanyak 59.00 ± 4.47 %, dan dalam lingkungan 51.23 hingga 62.04 %. Batang pokok sagu mengandungi peratusan kelembapan yang lebih tinggi berbanding spesies pokok sawit yang lain seperti kelapa sawit sebanyak 11.83 % (Ahmad A.L., 2007).

$$\frac{|\Delta N|}{\frac{\sum N}{2}} \times 100\% \quad (1)$$

Analisis Tekstur

Satu ujikaji sifat mekanikal telah dijalankan ke atas teras batang pokok sagu untuk menentukan nilai daya kerapuhan. Ujikaji ini adalah bertujuan untuk menentukan daya yang diperlukan bagi memecahkan ikatan antara bebenang serat batang pokok sagu semasa proses memarut dilakukan. Maklumat ini amat penting bagi membantu proses pemilihan bahan binaan dan rekabentuk bilah pamarut. Berdasarkan keputusan (Jadual 2), secara puratanya daya kerapuhan penembusan lebih rendah pada arah berserenjang dengan orientasi serat ianya itu 317.91 ± 22.08 N/cm² berbanding pada arah selari dengan orientasi serat iaitu 529.15 ± 19.14 N/cm² dengan peratus perbezaan 49.87% (Persamaan 1) dimana nilai $P < 0.05$. Jika dibandingkan dengan nilai daya kerapuhan bagi pokok jenis sawit lain seperti pokok kelapa sawit, nilai 4662.08 ± 12.90 N/cm² telah direkodkan yang merupakan nilai tertinggi dalam kajian yang dijalankan oleh Thanate R. (2006). Ini menunjukkan teras batang pokok sagu lebih lembut jika dibanding dengan pokok kelapa sawit. Walaupun kedua-dua pokok dalam kategori sawit, sifat fizikal yang berbeza mempengaruhi kekuatan bahan. Sebagai contoh kepadatan serat dan kandungan air selain daripada kekuatan serat itu sendiri.

Jadual 2: Keputusan ujikaji penilaian daya kerapuhan ke atas blok batang sagu mengikut arah penembusan

Arah penembusan	Daya kerapuhan (N)						Purata (N)	Daya kerapuhan/luas (N/cm ²)
	1	2	3	4	5	6		
Selari dengan orientasi serat (0°)	98.73	107.86	100.59	105.11	103.50	107.86	103.94 ± 3.76	529.15 ± 19.14
Serenjang dengan orientasi serat (90°)	64.36	61.70	69.96	61.85	58.86	57.95	62.45 ± 4.34	317.91 ± 22.08

Kesimpulan

Berdasarkan keputusan ujikaji penembusan terhadap batang teras sagu, daya kerapuhan pada arah selari dengan orientasi serat (529.15 ± 19.14 N/cm²) lebih tinggi berbanding arah seranjang (317.91 ± 22.08 N/cm²) di mana nilai $P < 0.05$. Ini menunjukkan kesan orientasi serat dalam teras mempengaruhi daya kerapuhan sesuatu bahan. Oleh itu, semasa proses memarut dijalankan, daya (tenaga) lebih rendah diperlukan jika pemotongan dilakukan pada arah berserenjang dengan orientasi serat.

Penghargaan

Terima kasih diucapkan kepada penyumbang dana untuk kajian ini iaitu CRAUN Research Sdn Bhd dan MARDI (Kod projek: FS024210). Ucapan terima kasih juga kepada pihak ahli kumpulan daripada MARDI dan Universiti Putra Malaysia yang banyak membantu dari segi tenaga, kemudahan, cadangan dan galakan dalam menjayakan projek ini.

Petunjuk

SD(±) = Standard Deviation (Sisihan piawai)

P-Value (P) = Probability value (Nilai kebarangkalian)

Nota: Pengiraan menggunakan perisian Microsoft Office Excel 2007

Rujukan

- Ahmad A.L., Loh M.M., Aziz J.A. (2007). Preparation and characterization of activated carbon from oil palm wood and its evaluation on Methylene blue adsorption. *Dyes and Pigments* 75: 263-272
- Cecil J. E. (2002). The development of technology for the extraction of sago. In: Kainuma K, Okazaki M, Toyoda Y, Cecil JE, editors. Proceedings of the International Symposium on Sago (Sago 2001). Tokyo, Japan: Universal Academy Press Inc. p 83–91.
- Cecil J. E. (1992). Small Medium and Large Scale Starch Processing, FAO Agriculture Services Bulletin 98, Rome.
- Darma, Santos, B., Reniana (2017). Development of Cylinder Type Sago Rasping Machine Using Pointed Teeth .International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol:17 No:01.
- DOA, (2015). Department of Agriculture. Malaysia Industrial Crops Statistics, Putarajaya.
- Edi Suhaimi B., Mohd. Hamami S., dan Paik San H. (2008). Anatomical Characteristics and Utilization of Oil Palm Wood. Juraudit: Nobuchi T, Sahri M.H. The Formation of Wood in Tropical Forest Tress: A Challenge from the Perspective of Functional Wood Anatomy, Chapter: 12, Publisher: UPM Press , pp.161-180
- Fageria V. D. (2001). Nutrient Interactions In Crop Plants, *Journal of Plant Nutrition*, 24:8, 1269-1290
- Flach, M. (1983). The sago palm. FAO plant production and protection paper 47, AGPC/MISC/80. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hiroshi E., Slamet S., Chitoshi M., Shohei H., Tadashi M. (2000). Sago Palm (*Metroxylon Sagu*, Arecaceae) production in the Eastern Archipelago of Indonesia: Variation in morphological characteristics and pith dry-matter yield. *Economic Botany*. 54. 197-206.
- Jong, F. S., (1995). Distribution and Variation in the Starch Content of Sago Palms (*Metroxylon sago* Rottb.) at Difference Growth Stages. Agriculture Research Center, Department of Agriculture, Kucing, Sarawak, Malaysia. SAGO PALM 3: 45-54
- Karim, A. A., Pei-Lang Tie, Manan, D. M. A., and Zaidul, I. S. M. (2008). Starch from the Sago (*Metroxylon sago*) Palm Tree-properties, Prospect, and Challenges as a new Industries Source for Food and Other Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Institute of Food Technology.
- Kamal, S. M. M., Mahmud, S. N., Hussain, S. A. and Ahmadun, F. R., (2007). Improvement on sago flour processing, *International Journal of Engineering and Technology*, 4(1), pp. 8-14
- M.D.S. 'Malaysia Dept. of Statistic' (2005). SARAWAK Export of Sago Starch, SITC Code: 592-150
- Michael C.D. , William E.S. (2000), The effect of soil nutrition, soil acidity and drought on northern red oak (*Quercus rubra* L.) growth and nutrition on Pennsylvania sites with high and low red oak mortality. *Forest Ecology and Management* 136, 199-207
- Mathur PN, Riley KW, Rao VR, Zhou M. (1998). Conservation and sustainable use of sago (*Metroxylon sago*) genetic resources. In: Jose C, Rasyad A, editors. Proceedings of the Sixth International Sago Symposium. Pekanbaru, Riau, Indonesia: Riau Univ. Training Centre. p 1–6.
- Oates C. G., Hicks A. (2002). Sago starch production in Asia and the Pacific—problems and prospects. In: Kainuma K, Okazaki M, Toyoda Y, Cecil JE, editors. Proceedings of the International Symposium on Sago (2001). Tokyo, Japan: Universal Academy Press Inc. p 27–36.
- Rico. D., Martin-Diana. A.B., Frias. J.M., Barat. J.M., Henehan. G.T.M., Barry-Ryan. C. (2006). Improvement in texture using calcium lactate and heat-shock treatments for stored ready-to-eat carrots. *Journal of Food Engineering* 79: 1196–1206
- Singhal, R.S., Kennedy, J.F., Gopalakrishnan, S.M., Kaczmarek, A., Knill, C.J., Akmar, P.F., (2008). Industrial production, processing, and utilization of sago palm-derived products. *Carbohydrate Polymer* 72, 1–20.
- Thanate R., Tanong C. Dan Sittipon K. (2006). An Investigation On The Mechanical Properties Of Trunks Of Palm Oil Trees For The Furniture Industry. *Oil Palm Research. Journal Of Oil Palm Research. Special Issue - April 2006: 114-121*
- Vikineswary, S., Shim, Y. L., Thambirajah, J. J., and Blakebrough, N., (1994). Possible microbial utilization of sago processing wastes. *Resources, Conservation and Recycling*, 11: Elsevier Science B.V. p 289-296
- Wan Mohd Fariz W.A., Rosnah S., Azman H., Mohd Shahrir A., Saiful Azwan A., Asnawi S.H. and Zainun M.S. (2018a). Effect of grater position on the size of grated sago (*Metroxylon* spp.). *Food Research* 2 (6) : 572 – 577
- W. A. Wan Mohd Fariz, S. Rosnah, H. Azman, A. Mohd Shahrir, A. Saiful Azwan, S. Asnawi, R. Afiqah Aina, M. A. Amir Syarifuddeen, H. Hasmin Hakim, H. Ishak, S. Masniza, A. W. Ruwaida, M. R. Sharifah Hafiza, S. Yahya, M. S. Zainun², S. Amir Redzuan, A. K. Faewati², J. Mohammad Shukri², S. Mohd Azmirredzuan², M. A. T. Mohd Hafiz, Z. A. Mohd Zaimi, J. Muhammad Aliq dan A. Sha'fie (2018b). Study of machines performance in producing different sizes of grated sago. *National Conference on Agricultural and Food Mechanization. Proceeding* 17-19 April: 211-213
- Yamamoto, (2014). Sago as an Approach to Food and Nutritional Security. *The Global Food Security Forum, Kuala Lumpur*.