

Nutrisi Kulit Limau Bali (*Citrus grandis* (L.) Osbeck)

A.R. Nur Farhana^{1,4}, S. Rosnah^{1,2,*}, I. Amin^{2,3}, A.K.S. Nor Nadiyah¹, V. Jaturapatr⁴

¹Department of Process and Food Engineering,
Faculty of Engineering, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia

²Halal Science Research Laboratory,
Halal Products Research Institutes, Universiti Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia

³Department of Nutrition and Dietician,
Faculty of Medicine and Health Science, University Putra Malaysia,
43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia

⁴Division of Food Engineering,
Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University,
Chiang Mai, Thailand

nfar3388@gmail.com

ABSTRAK

Tahun 2014, penanaman Limau Bali berkeluasan 1,009 hektar dan mengeluarkan hasil 11,830.6 tan metrik. Kebiasaannya, Limau Bali dimakan segar atau diproses menjadi jus, dan kulitnya dibuang. Namun demikian, 50% berat buah Limau Bali adalah terdiri daripada kulit dan hasil sisa pulpa. 1,956 tan metrik sisa Limau Bali yang dibuang tanpa mengambil kira khasiatnya. Bagi mengelakkan kulit Limau Bali yang segar daripada cepat rosak, proses pengeringan sejuk beku dilakukan ke atas kulit Limau Bali selama 96 jam menggunakan pengering sejuk beku. Bahagian kulit Limau Bali yang terlibat dalam kajian ini ialah flavedo, albedo lamella dan sisa pulpa. Analisis proksimat menunjukkan flavedo mengandungi komposisi nutrisi yang ketara ($p < 0.05$) dengan kandungan air sebanyak 9.33%, 16.78% serat, 7.63% protein, 5.92% abu dan 1.63% minyak. Kesimpulannya, sisa flavedo dan sisa pulpa mempunyai nilai nutrisi yang lebih tinggi daripada albedo dan lamella dari segi kandungan abu, protein, minyak dan serat yang boleh diaplikasikan ramuan makanan.

KEYWORDS

Kulit Limau Bali; *Citrus grandis*; Nutrisi; pulpa; proksimat

**Paper presented at the 2018 MSAE Conference,
Serdang, Selangor D. E., Malaysia.
7 & 8 February 2018**

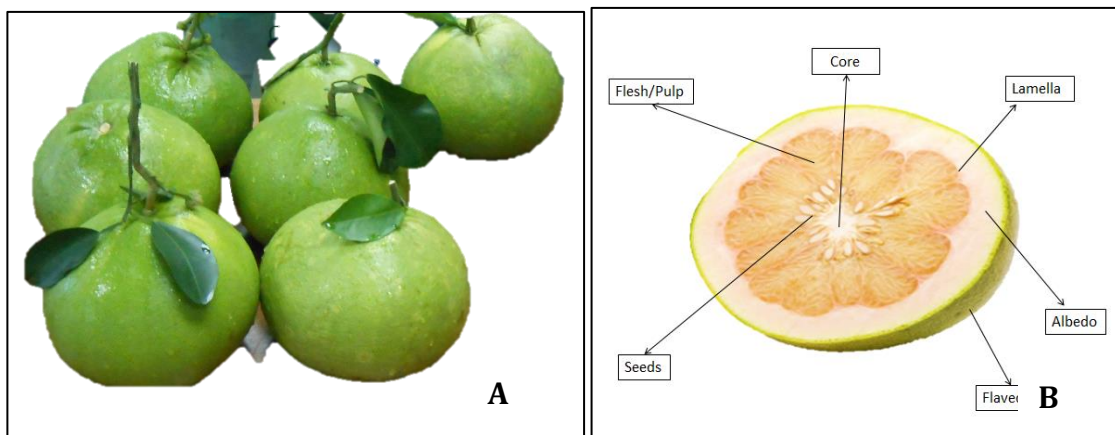
The society is not responsible for statements or opinions written in papers or related discussions at its meeting. Papers have not been subjected to the review process by MSAE editorial committees; therefore, are not to be considered as refereed.



PENGENALAN

Buah sitrus yang terbesar dikenali sebagai buah Limau Bali (*Citrus grandis* (L.) Osbeck). Buah Limau Bali tergolong dalam keluarga Rutaceae yang dikenali sebagai buah jeruk asli. Di Asia Tenggara dan kawasan Indo-China dipanggil sebagai pummelo, pommelo, shaddock dan limau Gedang Cina. Di Malaysia, buah ini juga dikenali sebagai Limau Jambua, Limau Abong, Limau Betawi, Limau Bali, Limau Besar, Limau Bol, Atau Limau Bali (Toh et al., 2013). Limau Bali ditanam secara meluas di negeri Perak, Melaka, Johor, Kedah dan Kelantan (DOA, 2013). Terdapat beberapa jenis buah-buahan Limau Bali yang terkenal di Malaysia iaitu Tambun (PO51), Sha Thing (PO51), dan KK2 (Melo Mas) (Shah et al., 2014).

Secara umum, kulit Limau Bali terbahagi kepada tiga bahagian yang dikenali sebagai flavedo, albedo, dan lamella (Rajah 1). Bahagian paling luar kulit Limau Bali yang berwarna hijau dikenali sebagai flavedo, manakala lapisan kedua kulit Limau Bali dikenali sebagai albedo yang berwarna putih dan agak tebal jika dibandingkan dengan flavedo dan lamella. Lapisan ketiga kulit Limau Bali adalah lapisan paling nipis yang dikenali sebagai lamella atau membran segmen, berwarna merah muda yang menyaluti bahagian kantung jus (Chang & Azrina, 2017). Terdapat lapan atau sembilan lamella yang telah ditemui di dalam sebiji Limau Bali (Sirisomboon & Lapchareonsuk, 2012). Biji dalam buah Limau Bali boleh mempunyai pelbagai saiz yang terletak di bahagian teras buah. Buah Limau Bali dikira mencapai tahap matang apabila bunganya telah mekar sepenuhnya dan warna kulit berubah daripada warna hijau gelap kepada hijau terang pada keseluruhan kulit.



Rajah 1: (A) Buah Limau Bali (B) Bahagian Limau Bali yang telah dipotong dalam bentuk keratan rentas

Terdapat beberapa penyelidikan telah dibuat berkenaan fizikokimia Limau Bali. Penyelidikan sebelum ini telah melaporkan bahawa albedo dari sisa Limau Bali menunjukkan potensi menjadi sumber asli bahan selulosa dan nanoselulosa yang boleh digunakan dalam bahan makanan (Zain et al., 2014). Ia juga dikatakan mempunyai potensi sebagai sumber pektin berdasarkan jumlah pektin yang tinggi diperolehi oleh (Methacanon et al. (2014)). Selain itu, beberapa kajian lepas telah melaporkan perbezaan sifat fizikokimia antara dua buah jenis Limau Bali di Malaysia: Ledang (PO55) dan Tambun (PO52) (Buang et al., 2014), pencirian minyak kulit Limau Bali hidrodistilasi (Chaiyana et al., 2014), sifat tekstur dan fizikokimia buah semasa tempoh penyimpanan Limau Bali (Niponsak et al., 2011; Sirisomboon & Lapchareonsuk, 2012).

Tambahan pula, ciri-ciri fizikal jus dan produk sampingan seperti sisa pulpa dan kulit daripada buah-buahan sitrus terutamanya *Citrus hystrix* dan *Citrus maxima* (jenis merah dan putih), juga telah dikaji kerana mempunyai potensi sebagai sumber serat makanan. Kajian ini disokong oleh Larrauri et al. (1996) dan Chau dan Huang (2003) yang bersetuju bahawa sisa buah-buahan sitrus boleh dijadikan sebagai sebatian fungsi dan sumber serat makanan yang berkhasiat. Tambahan lagi, kajian yang telah dilakukan oleh Bhatnagar et al. (2015) juga melaporkan bahawa sisa buah Limau Bali amat berpotensi tinggi berfungsi sebagai bahan untuk menyerap pewarna demi mengelakkan pencemaran air daripada berlaku.

Pemprosesan Buah Limau Bali menghasilkan banyak sisa buangan seperti kulit Limau Bali yang menyumbang kepada ~ 50% daripada jumlah berat buah seperti yang didakwa oleh Shamsudin et al. (2015). Penghasilan dan pemprosesan sisa pertanian melibatkan pengeluaran kos yang tinggi di samping menyumbang kepada pencemaran alam sekitar di mana ia melibatkan pengeluaran kos pengangkutan, tenaga kerja menguruskan hasil buangan. Oleh itu, untuk mengurangkan hasil kulit Limau Bali sebagai sisa pertanian, identifikasi komposisi nutrisi pemakanan kulit Limau Bali (flavedo, albedo, lamella dan sisa pulpa) perlulah dijalankan. Namun demikian, hasil kajian berkenaan komposisi nutrisi kulit Limau Bali adalah terhad. Oleh itu, kajian ini dijalankan untuk mengenalpasti nutrisi kulit Limau Bali (flavedo, albedo, lamella dan sisa pulpa).

BAHAN DAN KAEDAH

Bahan tumbuhan

P052 Tambun Putih (*Citrus grandis*) adalah salah satu jenis buah Limau Bali yang terkenal di Malaysia. Pemilihan buah Limau Bali dalam kajian ini adalah berdasarkan keseragaman saiz (anggaran 15-20 sentimeter diameter perbuah), warna dan tahap kematangan komersial apabila bunganya telah mekar sepenuhnya dan warna kulit berubah daripada warna hijau gelap kepada hijau terang pada keseluruhan kulit. Buah ini telah diambil daripada kebun komersial di Jabatan Pertanian Daerah Kinta, Tambun, Perak. Pertama sekali, buah Limau Bali hendaklah dibasuh terlebih dahulu dan kulitnya dipisahkan secara manual kepada empat bahagian iaitu flavedo (kulit berwarna hijau), albedo (kulit berwarna putih), lamella (kulit segmen yang meliputi pulpa) dan pulpa. Pulpa diperah dan diekstrak jus untuk memperolehi sisa pulpa. Kemudian, kulit-kulit Limau Bali yang telah diasingkan diproses secara pengeringan sejuk beku selama 96jam oleh pengering sejukbeku (VirTis Benchtop K, PA, USA). Selepas itu, sampel-sampel yang telah dikeringkan, dikisar dan menghasilkan serbuk kering. Kemudian, serbuk-serbuk tersebut disimpan di dalam peti sejuk beku (HVF-301S; Hesstar, Malaysia) pada suhu -20°C sehingga analisis proksimat dijalankan

Analisis proksimat

Komposisi proksimat (air, abu, protein, minyak dan serat) daripada sisa Limau Bali yang telah kering ditentukan dengan menggunakan kaedah piawai AOAC (1995). Kandungan air ditentukan secara pengeringan sampel dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Kaedah abu kering digunakan untuk menentukan kandungan abu dengan memasukkan sampel di dalam relau pembakar sehingga ia dibakar sepenuhnya. Kandungan protein telah dikenal pasti dengan menggunakan kaedah Kjeldahl yang melibatkan pencernaan protein. Proses penyulingan menggunakan alat penyulingan Kjeltac (KjeltacTM 2300, Foss Analytical; Denmark) untuk menganggarkan kandungan nitrogen dan dikira sebagai $\text{N} \times 6.25$. Kandungan minyak telah ditentukan secara pengekstrakan Soxhlet menggunakan Pengestrakan Soxtec (SoxtecTM 2050, Foss Analisis, Denmark). Ekstrak yang diperolehi dibiarkan semalaman di dalam oven yang bersuhu 105°C dan kandungan minyak ditentukan secara gravimetrik. Kandungan serat ditentukan dengan menggunakan analisis fibertec (FibertecTM 2010, Foss Analytical Denmark) (Zainuddin et al., 2014). Jumlah peratusan kandungan karbohidrat dalam kulit Limau Bali dan sisa pulpa adalah ditentukan menggunakan kaedah perbezaan seperti yang dilaporkan oleh Onyeike et al. (1995) dan Zainuddin et al. (2014). Kaedah ini melibatkan jumlah nilai protein, minyak, serat, air dan kandungan abu dan ditolak daripada nilai 100. Nilai yang diperolehi adalah peratusan kandungan karbohidrat.

Analisis statistik

Setiap analisis diulang sebanyak tiga kali dan keputusan dinyatakan dalam bentuk purata \pm sisihan piawai. Analisis statistik dijalankan menggunakan Statistik SPSS 21.0. Data dianalisis menggunakan ANOVA satu hala dan diikuti oleh ujian Duncan. Paras bererti adalah berdasarkan 95% ($p < 0.05$).



KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Hasil analisis proksimat sisa Limau Bali kering dipaparkan dalam Jadual 1.

Jadual 1: Analisis proksimat kulit-kulit Limau Bali dan sisa pulpa yang telah dikeringkan secara pengeringan sejukbeku.

Bahagian Limau Bali	Pulpa		Kulit Kering			
	Segar*		Flavedo	Albedo	Lamella	Sisa Pulpa
Bahagian Sisa Limau Bali						
Kandungan air (%)	91		9.33±0.53	8.63 ± 0.31	5.55 ± 0.22	9.63 ± 0.57
Kandungan abu (%)	-		5.92 ± 0.03	2.64 ± 0.55	2.29 ± 0.57	2.91 ± 0.56
Kandungan protein (%)	6.26		7.63 ± 0.06	3.49 ± 0.08	4.88 ± 0.01	8.18 ± 0.06
Kandungan minyak (%)	0.30		1.63 ± 0.05	0.60 ± 0.05	0.75 ± 0.05	1.07 ± 0.11
Kandungan serat (%)	0.113		16.78 ± 0.27	17.42 ± 0.50	15.24 ± 0.68	8.56 ± 0.20
Kandungan karbohidrat (%)	0.11		58.73 ± 0.57	67.20 ± 0.39	71.30 ± 0.84	58.73 ± 0.57

Nilai-nilai tersebut menunjukkan purata ± sisihan piawai dari tiga ulangan.

*Keshani et al. (2012)-Keputusan diambil daripada buah Limau Bali (pulpa) yang segar

Proses pengeringan merupakan langkah operasi yang sangat penting untuk mengurangkan kandungan air dan kelembapan kulit jeruk (Ghanem et al., 2012). Abirami et al. (2014) menjelaskan bahawa kandungan air yang rendah adalah sangat disarankan dari segi jangka hayat dan mengekalkan kualiti makanan. Kandungan air bahagian flavedo yang kering dan sisa pulpa yang kering menunjukkan peratusan tertinggi pada 9.33% dan 9.63%, masing-masing diikuti oleh albedo kering (8.63%) dan paling rendah adalah 5.55% dikenali sebagai lamella. Ini adalah kerana berkemungkinan disebabkan oleh lapisan lilin yang diselaputi oleh bahagian flavedo dan bertindak sebagai penghalang pengaliran air dan gas keluar daripada bahagian flavedo dan mengakibatkan kandungan air tinggi berbanding bahagian kulit Limau Bali yang lain. Selain itu, ia mungkin juga disebabkan oleh kehadiran air terikat di dalam sisa pulpa yang segar dan pembebasan atau pergerakan air semasa proses pengeringan dijalankan adalah terhad (Ibarz & Canovas, 2014). Oleh itu, berdasarkan keadaan ini, peratus kehilangan air adalah kurang dan menyebabkan kandungan air di bahagian kulit flavedo dan sisa pulpa agak tinggi berbanding bahagian albedo dan lamella (Pantastico, 1975; Kays, 1991; Shamsudin et al., 2009).

Kulit Limau Bali kering (flavedo, albedo, lamella dan sisa pulpa) mempunyai kandungan air yang lebih rendah (5.55 – 9.63%) berbanding dengan pulpa segar (91%). Ini adalah kerana kulit Limau Bali telah melalui proses pengeringan sejuk beku berbanding pulpa segar yang telah diekstrak menjadi jus. Sisa Limau Bali yang kering dalam kajian ini adalah lebih rendah kadar air daripada albedo kering (16.13%) daripada kajian terdahulu, yang telah kering pada suhu 50° C selama 48 jam (Zain et al., 2014). Hasil kandungan air antara flavedo kering dan sisa pulpa adalah sangat berbeza ($p < 0.05$) berbanding dengan bahagian albedo dan lamella yang kering. Albedo dan lamella kering Limau Bali menunjukkan kandungan lembapan yang lebih rendah daripada kajian terdahulu iaitu kulit (8.12%, 8.15%), pulpa (8.45%, 7.78%) dan serat kulit (7.12, 7.31%) daripada pelbagai jenis Citrus maxima (merah), Citrus maxima (putih), yang dikeringkan semalaman (24 jam) pada 65 ° C (Abirami et al., 2014).

Selain itu, kandungan air bahagian lamella kering dan albedo juga menunjukkan tahap lebih rendah berbanding kulit jeruk kering (9.46%) dan serbuk tepung (10.23%) yang telah dikeringkan pada 50 ° C (semalaman) (Nassar, AbdEl-Hamied, & El-Naggar, 2008), dan serat Valencia (60 ° C selama 30 minit) (10.5%) (Figuerola et al., 2005), kulit jeruk kering serat (40 ° C untuk 48 jam) (Chau & Huang, 2003). Secara keseluruhan, kandungan kelembapan tertinggi dari flavedo telah dikurangkan kepada 9.33%, selepas pengeringan sejukbeku dan ia tidak melebihi 10% yang mewakili tahap kandungan air yang selamat untuk penyimpanan jangka panjang (Kaliyan dan Morey, 2006).

Kandungan abu terdiri daripada bahan tidak organik yang menunjukkan kandungan vitamin dan mineral. Ia adalah antara unsur yang penting untuk mengukur kualiti makanan berfungsi (Hofman et al., 2002). Bahagian flavedo menunjukkan peratusan tertinggi 5.92% kandungan abu, diikuti oleh sisa pulpa kering (2.91%), albedo kering (2.64%) dan lamella kering (2.29%). Semua keputusan kandungan abu adalah



sangat berbeza ($p < 0.05$) berbanding bahagian masing-masing. Walaubagaimanapun, selepas proses pengeringan, sisa pulpa dan flavedo mempamerkan jumlah yang lebih tinggi kandungan abu berbanding kulit kering, pulpa kering dan gentian kulit kering tiga spesies buah sitrus (3.17- 6.43%) seperti yang dilaporkan oleh Abirami et al. (2014). Tambahan lagi, kajian lain menunjukkan kulit jeruk kering dan tepung sampingan produk tepu yang telah dikeringkan pada suhu yang sama dan mengandungi kira-kira 2.60-2.61% daripada abu kandungan (Nassar, AbdEl-Hamied, & El-Naggar, 2008). Kajian yang dijalankan oleh Crizel et al. (2013) juga menunjukkan kandungan abu adalah lebih rendah (2.94-3.03%) dalam serat oren kering. Keputusan ini adalah selari dengan Marin et al. (2007) yang mendapati bahawa jumlah abu adalah julat 2.56-8.09% dalam kulit jeruk kecuali untuk sisa pulpa yang lebih tinggi daripada julat (10.65%). Ia mungkin disebabkan oleh adanya jumlah nutrien tidak organik masih tersisa setelah diekstrak di dalam sisa pulpa (Aletor et al., 2002; Iqbal et al., 2012). Secara umum, bahagian flavedo kering menunjukkan kandungan mineral tertinggi selepas dikeringkan secara pengeringan sejuk berku berbanding dengan sisa Limau Bali kering lain dan mempunyai potensi sebagai sumber untuk makanan berfungsi.

Protein adalah elemen penting untuk pembaikan dan pertumbuhan tisu badan. Jadual 1 juga menunjukkan protein kandungan sisa pulpa selepas pengeringan sejuk beku (8.18%) diikuti oleh flavedo kering (7.63%), lamella kering (4.88%) dan albedo kering (3.49%). Sisa pulpa kering menunjukkan kandungan protein yang lebih tinggi ($p < 0.05$) berbanding bahagian kulit yang lain. Kulit Limau Bali kering (sisa pulpa dan flavedo) menunjukkan peningkatan yang lebih tinggi ($p < 0.05$) kandungan protein daripada pulpa segar. Selain itu, kandungan protein flavedo kering dan sisa pulpa adalah lebih tinggi daripada gentian kulit kering dari sampel sitrus (7.51-7.83%), kulit kering daripada jeruk (4.75-5.15%) dan lemon Fino kering (7.92%) (Abirami et al, 2014; Crizel et al., 2013; Peerajit et al., 2012; Nassar et al., 2008; Figuerola et al., 2005). Disamping itu, kandungan protein lamella kering dan albedo kering lebih kurang sama dengan serat jeruk Valencia kering (6.70%) dan lemon Eureka kering (6.79%) (Figuerola et al., 2005). Oleh sebab itu, sisa pulpa kering terdiri daripada kandungan protein tertinggi dan bermanfaat untuk pertumbuhan manusia dan tisu badan berbanding bahagian lain daripada bahagian kulit Limau Bali kering.

Limau Bali mempunyai minyak pati yang biasanya terdapat di batang, daun, bunga dan buah-buahan terutamanya di bahagian kulit (Knight et al., 2001) yang mewakili rasa yang menyegarkan serta manis dan lazat (Jena et al., 2009; Chaiyana et al., 2014). Kandungan minyak dalam buah-buahan memainkan peranan penting dalam mengekalkan tekstur, rasa dan pigmen buah-buahan. Kajian ini menunjukkan kandungan minyak flavedo kering mengandungi peratusan tertinggi (1.63%) berbanding dengan sisa pulpa (1.07%), lamella (0.75%) dan albedo (0.60%). Kajian ini adalah selari dengan laporan yang dibuat oleh Chaiyana et al. (2014). Secara keseluruhan, Kulit Limau Bali kering mempunyai kandungan minyak yang lebih tinggi daripada pulpa segar (0.30%). Walaupun, bahagian flavedo menunjukkan purata yang ketara ($p < 0.05$) lebih tinggi kandungan minyak daripada yang lain, namun, ia adalah lebih rendah daripada pulpa sitrus (5.23- 5.45%), kulit kering (3.63-4.12%) dan gentian kulit kering (2.78- 3.0%) yang dilaporkan oleh Abirami et al. (2014).

Kandungan serat adalah penting dalam pencegahan penyakit yang berkaitan dengan kardiovaskular, saluran pencernaan, kanser kolon dan obesiti. Pada amnya, ia boleh meningkatkan sistem pencernaan dan memberi manfaat kepada kesihatan manusia (Abirami et al., 2014). Merujuk kepada Jadual 1, bahagian albedo, flavedo dan lamella kering mengandungi kandungan serat, 17.42%, 16.78% dan 15.24% yang tinggi. Di samping itu, sisa pulpa mengandungi kandungan serat yang sedikit iaitu 8.56%.

Tiada perbezaan yang signifikan ($p > 0.05$) diperhatikan antara kedua-dua kulit Limau Bali kering (flavedo, albedo dan lamella). Walaubagaimanapun, ianya berbeza dengan ketara ($p < 0.05$) dengan sisa pulpa. Selain itu, kulit Limau Bali kering menunjukkan kandungan serat yang lebih tinggi, jika dibandingkan dengan dengan pulpa segar (0.113%). Sisa Limau Bali kering (flavedo, albedo, lamella dan sisa pulpa) didapati lebih rendah daripada albedo Limau Bali kering (21.29%) dan dalam gentian kulit kering (36.38-39.68%), kulit kering (32.98-35.35%) dan pulpa kering (21.19-24.19%) seperti dilaporkan oleh Zain et al. (2014). Namun, jika dibandingkan dengan kulit jeruk kering (14.4%) yang dilaporkan oleh Bicu dan Mustata (2011), kandungan serat didapati lebih kurang tahap kandungan serat dengan sisa Limau Bali kering (flavedo dan lamella). Albedo dan flavedo kering mengandungi kandungan serat yang sangat tinggi berbanding dengan sisa pulpa yang kering. Bahagian berkenaan boleh menjadi salah satu



potensi sumber pektin, kerana pektin terdiri daripada pelbagai rangkaian polisakarida dan juga dikenali sebagai serat.

KESIMPULAN

Secara keseluruhan, flavedo kering didapati mempunyai kandungan air yang agak tinggi selepas dikeringkan secara pengeringan sejuk beku dan tahap kandungan air tersebut masih selamat untuk penyimpanan jangka panjang. Tambahan lagi, flavedo juga menunjukkan kandungan mineral dan minyak tertinggi yang mempunyai peranan mengekalkan tekstur, rasa dan pigmen buah-buahan dan berpotensi untuk ditambah ke dalam makanan berfungsi. Manakala, sisa pulpa mengandungi kandungan protein tertinggi yang sangat bermanfaat untuk pertumbuhan tubuh badan manusia. Bagi kandungan serat, albedo menunjukkan kandungan serat mentah yang tinggi (17.42%) dan berpotensi menjadi salah satu sumber pektin dalam aplikasi makanan. Oleh itu, kajian ini membuktikan kelebihan nutrisi kulit Limau Bali berbanding pulpa segar dan digalakkan penggunaan semula buangan Limau Bali dalam pelbagai aplikasi makanan dan kesihatan.

PENGHARGAAN

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia dan Universiti Putra Malaysia untuk sokongan kewangan dan teknikal di bawah pemberian geran (03-01-14-1412FR).

RUJUKAN

1. Abirami A., Nagarani G. & Siddhuraj P. (2014). Measurement of functional properties and health promoting aspects-glucose retardation index of peel, pulp and peel fiber from *Citrus hystrix* and *Citrus maxima*, *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 4, 16–26
2. Aletor, O., Oshodi, A. & Ipinmoroti, K. (2002). Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food Chemistry*, 78, 63–68.
3. Puwastien, P., Burlingame, B., Raroengwichit, M., & Sungpuag, P. (2014). ASEAN Food Composition Database. Electronic version 1, February 2014, Thailand. Institute of Nutrition, Mahidol University http://www.inmu.mahidol.ac.th/aseanfoods/composition_data.html
4. Association of Official Analytical Chemists (AOAC).(1995). *Official Methods of Analysis*, 16th ed., AOAC: Arlington VA, USA
5. Bhatnagar, A., Sillanpää, M., & Witek-Krowiak, A. (2015). Agricultural “waste peels” as versatile biomass for water purification – A review. *Chemical Engineering Journal*, 270, 244–271.
6. Bicu I. & Mustata F. (2011). Cellulose extraction from orange peel using sulfite digestion reagents. *Bioresource Technology*, 102, 10013-10019
7. Buang, S., R. Shamsudin and N.A. Aziz, (2014), Physicochemical properties of Malaysian variety Pummelo fruit: Ledang (PO55) and Tambun (PO52), The 16th Food Innovation Asia Conference 2014, BITEC Bangna, Bangkok, Thailand, 12 -13 June 2014, 1-9
8. Chaiyana, W., Phongpradist, R., & Leelapornpisid, P. (2014). Characterization of hydrodistilled Limau Bali peel oil and the enhancement of biological activities using microemulsion formulations. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(9).
9. Chau, C. F. & Huang, Y. L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibers prepared from the peel of *Citrus sinensis* L. Cv. Liucheng. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2615–2618.
10. Crizel, T. M., Jablonski, A., Rios, A. O., Rech, R., & Flores, S. H. (2013). Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *LWT Food Science and Technology*, 53, 9–14
11. DOA (2013). *Regional Commodities*, Department of Agriculture, <http://hvcdp.da.gov.ph/regional%20commodities.htm> accessed 25 December
12. 2013
13. Figuerola, F., Hurtado, M. L., Estevez, A. M., Chiffelle, I., & Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91, 395–401
14. Ghanem, N., Mihoubi, D., Kechaou, N., & Mihoubi, N. B. (2012). Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40(1), 167–177.



15. Hofman, P.J., Vuthapanich, S., Whiley, A.W., Klieber, A. & Simons, D.H. (2002). Tree yield and fruit minerals concentrations influence "Hass" avocado fruit quality. *Scientia Horticulturae*, 92, 113–123
16. Ibarz A. & Canovas, G. V. B.(2014) Introduction to Food Process Engineering Published by Taylor and Francis group, LLC, CRC Press, pp.154
17. Iqbal, S., Younas, U., Chan, K. W., & Sarfraz, R. A. (2012). Proximate Composition and Antioxidant Potential of Leaves from Three Varieties of Mulberry (*Morus sp.*): A Comparative Study. *International Journal of Molecular Sciences*, 6651–6664.
18. Jena S.N., Kumar S. & Nair N.K. (2009).Molecular phylogeny in Indian Citrus L. (Rutaceae) inferred through PCR-RFLP and trnL-trnF sequence data of chloroplast DNA. *Scientia Horticulturae*, 119 (4), 403-16
19. Kaliyan, N., & Morey, R. V. (2006). "Factors affecting strength and durability of densified products," ASABE Paper No. 066077.
20. Kays, S.J. (1991). Postharvest Physiology of Perishable Plant Products. New York: AVI Publishing Co.
21. Knight T.G., Klieber A. & Sedgley M. (2001). The relationship between oil gland and fruit development in Washington navel orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Annals of Botany*,88(6),039-47
22. Larrauri, J. A. Ruperez, P. Borroto, B. & Saura-Calixto, F. (1996). Mango peel as a new tropical fiber: Preparation and characterization. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 29, 729–733
23. Marin F.R., Soler-Rivas C., Benavente-Garcia O., Castillo J. & Perez-Alvarez J.A. (2007). By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry* 100, 736-741
24. Nassar, A. G., Abdel-Hamied, A. A., & El-Naggar, E. A. (2008). Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organoleptic characteristics of biscuits. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(5), 612–616
25. Niponsak, A., N. Laohakunjit, and O. Kerdchoechuen (2011), Changes of volatile compounds and physicochemical qualities of fresh cut Limau Bali during storage, *Journal of Agricultural Science*, 42(2), 109–112.
26. Onyeike, E. N., Olungwe, T., & Uwakwe, A. A. (1995). Effect of heat treatment and defatting on the proximate composition of some Nigerian local soup thickeners. *Food Chemistry*, 53, (0308-8146), 173-175
27. Pantastico, E.R.B. (1975). Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. US: AVI publishing co.
28. Peerajit, P., Chiewchan, N., & Devahastin, S. (2012). Effects of pretreatment methods on health-related functional properties of high dietary fiber powder from lime residues. *Food Chemistry*, 132, 1891–1898
29. Shamsudin, R., Buang, S., & Aziz, N. A. (2015). Effect of Different Extraction Methods on the Physicochemical Properties of Limau Bali Juice, 44, 265–270. doi:10.3303/CET1544045
30. Shamsudin, R., Ramli, W. A. N., Daud, W. A. N., Takriff, M. S., & Hassan, O. (2009). The Josapine Variety of Pineapple Fruit (*Ananas comosus* L.) in different storage systems. *Journal of Food Process Engineering*, 1–15.
31. Sirisomboon, P., and R. Lapchareonsuk (2012), Evaluation of the physicochemical and textural properties of Limau Bali fruit following storage, *Fruits*, 67(6), 399–413.
32. Zain N.F.M., Yusop S.M. & Ahmad I. (2014) Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose From Limau Bali (*Citrus grandis*) Albedo. *Journal Nutrition Food Science*. 5: 334.
33. Zainuddin, M. F., Shamsudin, R., Mokhtar, M. N., & Ismail, D. (2014). Physicochemical Properties of Pineapple Plant Waste Fibers from the Leaves and Stems of Different Varieties. *Bioresources*. 9(3), 5311–5324. S., Ahmad, M. A., & Semire, B. (2015). Scavenging malachite green dye from aqueous solutions using pomelo (*Citrus grandis*) peels: kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Desalination and Water Treatment*, 56(2), 521–535. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.940387>
34. Chaiyana, W., Phongpradist, R., & Leelapornpisid, P. (2014). Characterization of hydrodistilled pomelo peel oil and the enhancement of biological activities using microemulsion formulations. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(9), 596–602.
35. Cheong, M.-W., Loke, X.-Q., Liu, S.-Q., Pramudya, K., Curran, P., & Yu, B. (2011). Characterization of volatile compounds and aroma profiles of Malaysian pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) blossom and peel. *Journal of Essential Oil Research*, 23(2), 34–45. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700445>
36. Chong, C. H., Law, C. L., Cloke, M., Hii, C. L., Abdullah, L. C., & Daud, W. R. W. (2008). Drying kinetics and product quality of dried Chempedak. *Journal of Food Engineering*, 88(4), 522–527.



- <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.013>
37. Itle, R. a., & Kabelka, E. a. (2009). Correlation Between Lab Color Space Values and Carotenoid Content in Pumpkins and Squash (*Cucurbita* spp.). *HortScience*, 44(3), 633–637.
 38. Mat Zain, N. F., Yusop, salma M., & Ishak, A. (2014). Preparation and Characterization of Cellulose and Nanocellulose From Pomelo (*Citrus grandis*) Albedo. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 5(1), 10–13. <https://doi.org/10.4172/2155-9600.1000334>
 39. Methacanon, P., Krongsin, J., & Gamonpilas, C. (2014). Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: Effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*, 35, 383–391. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.06.018>
 40. Miranda, M., Maureira, H., Rodríguez, K., & Vega-Gálvez, A. (2009). Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of Aloe Vera (*Aloe Barbadensis* Miller) gel. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.09.007>
 41. Rahman, N. F. A., Shamsudin, R., Ismail, A., & Karim Shah, N. N. A. (2016). Effects of post-drying methods on pomelo fruit peels. *Food Science and Biotechnology*, 25(S1), 85–90. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0102-y>
 42. Saikaew, W., Kaewsarn, P., Saikaew, W., & Preparation, A. B. (2009). Pomelo Peel : Agricultural Waste for Biosorption of Cadmium Ions from Aqueous Solutions, 3(8), 266–270.
 43. Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., & Oszmiański, J. (2014). Effect of Convective and Vacuum-Microwave Drying on the Bioactive Compounds, Color, and Antioxidant Capacity of Sour Cherries. *Food and Bioprocess Technology*, 7(3), 829–841. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1130-8>

