

PEMANJANGAN JANGKA HAYAT BUAH DURIAN BELANDA MENGGUNAKAN SINARAN GAMA

Khairul Ikhwan Mohd Jamalludin¹, Syazwani Mohd Fadzil^{1*}, Haslaniza Hashim²,
Noratiqah Mohd Ariff³

¹Jabatan Fizik Gunaan, Fakulti Sains dan Teknologi,

Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

²Jabatan Sains Makanan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM
Bangi, Selangor, Malaysia

³Jabatan Sains Matematik, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600
UKM Bangi, Selangor, Malaysia

*e-mail: syazwanimf@ukm.edu.my

ABSTRAK

Kerosakan lepas tuai buah durian belanda yang disebabkan serangan lalat buah dan jangka hayat penyimpanan yang singkat menyebabkan pasaran durian belanda tidak meluas. Kajian ini dijalankan untuk mengkaji potensi pemanjangan masa penyimpanan dan kesan sinaran gama ke atas buah durian belanda dari aspek perubahan kimia dan fizikal buah. Buah durian belanda diperolehi segar dari ladang dan disinarkan pada dos (kGy): 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0 dan 2.5. Kesan sinaran dilihat dan diukur pada hari pertama, ke-3, ke-6 dan ke-9 selepas disinarkan. Kesan fizik dan kimia yang diuji termasuklah pengukuran terhadap perubahan berat, kekerasan, nilai pH, kandungan gula dan vitamin C dan dibandingkan dengan buah kawalan menerusi ujian-t. Penambahan masa ujian sehingga hari ke-12 turut dilakukan ke atas buah yang disinari pada dos rendah berdasarkan dapatan sebelumnya. Hasil kajian ke atas semua buah yang disinarkan mendapati berlaku penurunan berat buah, perubahan kekerasan buah dan perubahan kandungan vitamin C serta peningkatan kandungan gula. Seterusnya, ujian statistik mendapati rawatan sinaran tidak memberi kesan yang signifikan terhadap kebanyakan parameter kecuali perubahan vitamin C. Selain itu, pemerhatian fizikal menunjukkan penyinaran dos 1.0 hingga 2.5 kGy tidak sesuai digunakan bagi buah durian belanda untuk pemanjangan jangka hayat buah kerana dos sinaran tersebut menyebabkan buah tidak masak sempurna dan rosak sepenuhnya pada hari ke-9. Kesimpulannya, dos sinaran yang optimum bagi buah durian belanda adalah 0.6 kGy, manakala masa penyimpanan buah durian belanda berjaya ditingkatkan sehingga 12 hari.

Kata kunci: Durian belanda; jangka hayat; kualiti buah; sinaran gama

ABSTRACT

Postharvest problem of soursop fruit due to the attack of fruit flies and short shelf life has been an issue for the fruit to be marketed widely. The purpose of the research is to find the potential on the shelf life elongation of soursop fruit and evaluate the effects of gamma irradiation on soursop fruit from chemical and physical aspects. Soursop fruit was collected fresh from the farm and irradiated at dose (kGy): 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5. The effect was observed and measured on day 1, 3rd, 6th and 9th after irradiated. The measured parameters includes changed of weight, hardness, pH value, sugar

content and vitamin C. The results found that reducing the weight of the irradiated fruit, the hardened fruit and the delayed production of vitamin C and sugar content. Furthermore, this study also found no significant changes in the pH value. The fruits that irradiated from 1.0 kGy to 2.5 kGy is not suitable for lengthening the shelf life of the fruit because the dosage makes the incomplete fruit ripen and fully damage by day 9th. As a conclusion, optimum irradiation dose for the soursop fruit is 0.6 kGy, while the shelf life of the fruit can be extended up to 12 days.

Keywords: Fruit quality; gamma irradiation; shelf life; soursop

PENGENALAN

Durian Belanda atau nama saintifiknya ialah *Annona muricata* tergolong dalam kalangan keluarga *Annonaceae* dan berasal dari Hutan Hujan Tropika Amerika (Moghadamtousi et al. 2015). Pokok durian belanda ini ditanam di utara dan selatan Amerika dan kini juga diusahakan dan berkembang secara meluas di India, Nigeria dan juga Malaysia. Khasiatnya yang dapat membantu menghalang kanser kerana mengandungi sebatian aktif iaitu acetogenins, yang telah dikaji pada sel kanser manusia seperti hepatoma, karsinoma paru-paru dan pankreas, limfoma, tumor payudara dan lain-lain (Fidianingsih & Handayani 2014). Ia juga digunakan dalam perubatan tradisional merawat penyakit seperti arthritis, neuralgia, demam, malaria, parasit dan reumatisme (Moghadamtousi et al. 2015).

Di Malaysia, keluasan tanaman buah-buahan yang direkodkan oleh Jabatan Pertanian adalah sebanyak 171 354 hektar yang merangkumi hampir 60 jenis buah-buahan (Jabatan Pertanian 2016). Lebih kurang 0.244% daripada jumlah keluasan tersebut dimiliki oleh tanaman durian belanda. Walaupun ianya ditanam dan dikeluarkan untuk pengguna domestik (Siang et al. 2019), namun ianya masih lagi mempunyai potensi yang besar untuk dikembangkan disebabkan peningkatan keluasan tanaman durian belanda sebanyak 59.6% dari tahun 2014 hingga 2016.

Namun begitu, terdapat masalah bagi durian belanda ini untuk terus dipasarkan dan diperluaskan kerana masalah lepas tuai yang menyebabkan buahnya tidak dapat bertahan lama selepas dipetik kerana ia cepat rosak (Siang et al. 2019). Buah ini dituai apabila telah mencapai tempoh matang dan ini menjadikan pemasaran buah hanya dapat dilakukan di kawasan yang terdekat dengan ladang durian belanda (Dias et al. 2014). Menurut Coêlho dan Alves (2011) pula, durian belanda tidak mampu bertahan lama tanpa sebarang bahan pengawet. Hal ini kerana, selepas buah dipetik ianya hanya mampu bertahan selama 3 hingga 5 hari sahaja. Tanpa sebarang teknologi dan teknik lepas tuai yang berkesan, ini boleh menyebabkan durian belanda hanya boleh dipasarkan di kawasan yang terhad.

Seiring dengan perkembangan teknologi kini, pelbagai kaedah yang digunakan dalam proses penyediaan makanan dan mengekalkan ketahanan makanan. Teknologi nuklear seperti rawatan sinar gama telah digunakan dalam proses penyediaan makanan dan buah-buahan agar dapat mengawal mikrob, mengekalkan ketahanan, mematikan serangga perosak dan sebagainya (Kim & Yook 2009; Ferrier 2010; Amran & Mohd Fadzil 2018). Teknik ini menjadi pilihan kerana kelebihannya yang mempunyai tahap penembusan yang tinggi tanpa menggunakan bahan kimia.

Menurut Malaysia (2011), Peraturan-peraturan Iradiasi Makanan 2011, dalam Akta Makanan 1983, Jadual Ketiga dalam subperaturan 8(2) menyatakan penyinaran makanan boleh dilakukan dengan tujuan merencat percambahan tunas; melambatkan kematangan; menambah jangka hayat; disinfestasi serangga, mengurangkan beban mikrob, mengurangkan mikroorganisma patogenik, mengawal jangkitan parasit; mengawal kulat dan pensterilan makanan (kawalan kuarantin). Kajian tinjauan juga mendapati teknik sinaran gama dapat menambah jangka hayat buah disamping mengurangkan pertumbuhan kulat dan melewati kematangan (Amran & Mohd Fadzil 2018) serta menyahcemar dan pensterilan (Moy & Wong 2002).

Teknik yang sama juga telah dilakukan ke atas cili manis (*capsicum annuum L.*) yang diperoleh dari Cameron Highland bagi memanjangkan hayat buah sehingga hampir 21 hari dari keadaan biasa yang kurang dari 14 hari (Mohd Fadzil et al. 2018). Selain itu, teknik rawatan ini juga boleh dilakukan ke atas tumbuhan seperti tanaman sagu untuk meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan pokok (Ryadi & Sumaryono 2016). Agisimanto et al. (2016) juga telah mengkaji kaedah pembiakan benih menggunakan sinaran gama bagi meningkatkan kualiti buah limau madu di Malaysia.

Dalam kajian ini, pemilihan rawatan menggunakan penyinaran gama dijangka dapat membantu meningkatkan eksport buah-buahan tempatan ke luar negara seperti yang dilakukan oleh negara luar ke atas buah-buahan seperti ubi kentang dan mangga. Negara-negara utama yang memilih kaedah penyinaran gama ke atas makanan ialah Belgium, Brazil, China, Perancis, Afrika Selatan dan Amerika Syarikat dengan aplikasi utama bertujuan untuk menyahcemar rempah ratus dan sayur kering, bijirin dan buah, daging dan makanan laut, serta merencatkan pertunasan (*sprouting*) (Ahmad Ramli et al. 2015). Berdasarkan panduan dalam Malaysia (2011), buah-buahan dan sayur-sayuran boleh disinarkan sehingga 1.0 kGy bagi memanjangkan masa untuk masak dan sehingga 2.5 kGy bagi memanjangkan jangka hayat buah.

Oleh itu, kajian ini dilakukan adalah bertujuan mengkaji kesan sinaran gama ke atas buah durian belanda menerusi pengukuran terhadap perubahan kimia dan fizikal buah. Seterusnya, menilai dos penggunaan sinaran gama yang optimum terhadap pemanjangan masa untuk masak dan jangka hayat buah durian belanda. Kajian ini turut membandingkan kesan di antara buah yang disinarkan dengan buah kawalan dengan menggunakan ujian-t.

BAHAN DAN KAEDAH PENYELIDIKAN

Penyediaan Sampel

Buah durian belanda didapati dari Ladang Lanchang, Pahang. Sebanyak 41 biji buah durian belanda digunakan sepanjang tempoh ujian. Buah yang dipetik pada tempoh penuaian mempunyai berat sekitar 0.5 kg hingga 1.5 kg. Buah dibersihkan dan diasingkan kepada sembilan kumpulan dos sinaran (termasuk kawalan) dan empat tempoh penyimpanan berbeza (1 hari, 3 hari, 6 hari dan 9 hari). Masa penyimpanan pada hari ke-12 turut ditambah bagi dos sinaran berjulat rendah (0.2 hingga 0.8 kGy). Disebabkan kekangan teknikal, hanya satu biji buah digunakan pada setiap dos dan masa, manakala bacaan bagi setiap paramater ujian selain parameter berat, diambil sebanyak sekurang-kurangnya dua kali (dengan memotong buah kepada dua bahagian), bagi mendapatkan bacaan purata dan sisihan piawai.

Seterusnya, kaedah penyinaran gama yang dilakukan adalah merujuk kepada kajian-kajian lepas bagi melihat kesan sinaran (Ding et al. 2015, Aleya 2016, Riyadi & Sumaryono 2016). Setiap kumpulan akan dikenakan lapan dos sinaran gama menggunakan sel gama (Gamma cell 220 Excel, sumber Co-60) iaitu pada 0.2 kGy, 0.4 kGy, 0.6 kGy, 0.8 kGy, 1.0 kGy, 1.5 kGy, 2.0 kGy dan 2.5 kGy, kecuali buah kawalan (0 kGy). Buah durian belanda diukur berat sebelum penyinaran dilakukan dan diperhatikan pada setiap sela masa penyimpanan mengikut parameter yang diukur iaitu pada hari pertama, hari ke-3, hari ke-6, hari ke-9 dan hari ke-12. Amnya, perbincangan difokuskan sehingga tempoh ujian hari ke-9, manakala satu bahagian analisis dan perbincangan berkaitan hasil pada hari ke-12 dilakukan secara berasingan. Buah disimpan pada suhu bilik (18-22°C) sepanjang tempoh ujikaji dijalankan.

Analisis fizikal

Kehilangan berat

Kaedah ini adalah kaedah biasa bagi pengukuran kehilangan berat buah atau pengukuran kelembapan dalam sampel sebelum dan selepas penyinaran pada setiap masa penyimpanan (Mohd Fadzil et al. 2018). Bagi pengukuran kehilangan berat, setiap buah diukur dengan penimbang digital (model AND GF-3000, minimum

0.5 g dan maksimum 3100 g). Persamaan peratus kehilangan berat digunakan seperti dalam persamaan (1) (Mohd Fadzil et al. 2018):

$$W_l(\%) = \frac{(W_k - W_a)}{W_k} \times 100 \quad (1)$$

di mana W_l ialah kehilangan berat (%), W_k adalah berat sebelum disinarkan (g) dan W_a adalah berat selepas disinarkan (g) pada hari $i = 1, 3, 6$ dan 9 .

Kekerasan buah

Bagi pengukuran kekerasan buah, buah diukur dengan menggunakan alat *Precision Fruit Sclerometer* (model FR-5120, Lutron Electronics Enterprise Co., Ltd., Taiwan). Bacaan pengujian adalah di dalam unit Ncm^{-2} dengan menggunakan diameter deria 6 mm. Penggunaan diameter deria yang dipilih adalah berdasarkan manual operasi penguji kekerasan buah untuk 20 kg, di mana bagi julat buah 0 hingga 5 kg seperti buah plum, limau dan buah-buahan sederhana keras (seperti durian belanda), diameter deria yang sesuai ialah 6 mm atau 8 mm.

Analisis kimia

Kandungan vitamin C (asid askorbik)

Bagi penentuan asid askorbik, kaedah yang digunakan ialah pentitratan, di mana larutan yang perlu disediakan ialah larutan asetik metafosforik ($\text{HPO}_3\text{-HA}_c$) dan larutan 2,6-diklorofenol indofenol (DCPIP) dengan mendapatkan lengkung kawalan pentitratan asid askorbik seperti dalam kajian lepas (Aleya 2016; Kong et al. 2018; Mohd Fadzil et al. 2018). Proses ini diulang sebanyak tiga kali bagi mendapatkan hasil purata dan sisihan piawai. Kemudian, kepekatan asid askorbik bagi buah durian belanda dapat dikira melalui pengiraan melalui proses pentitratan bagi jus buah durian belanda dengan menggunakan lengkung kawalan (Aleya 2016; Mohd Fadzil et al. 2018).

Kandungan gula

Bagi penentuan kandungan gula, alat yang digunakan ialah refraktometer Brix (*Pocket Refractrometer PAL-1 ATAGO*) dengan kemampuan pengujian 0% sehingga 53% Brix (Mohd Fadzil et al. 2018). Isi buah durian belanda yang dijadikan jus dititiskan ke atas tempat pengukuran dan bacaan direkodkan. Bacaan dilakukan menggunakan buah yang dipotong dua bahagian untuk mendapatkan purata bacaan kandungan gula dan sisihan piawai.

Nilai pH

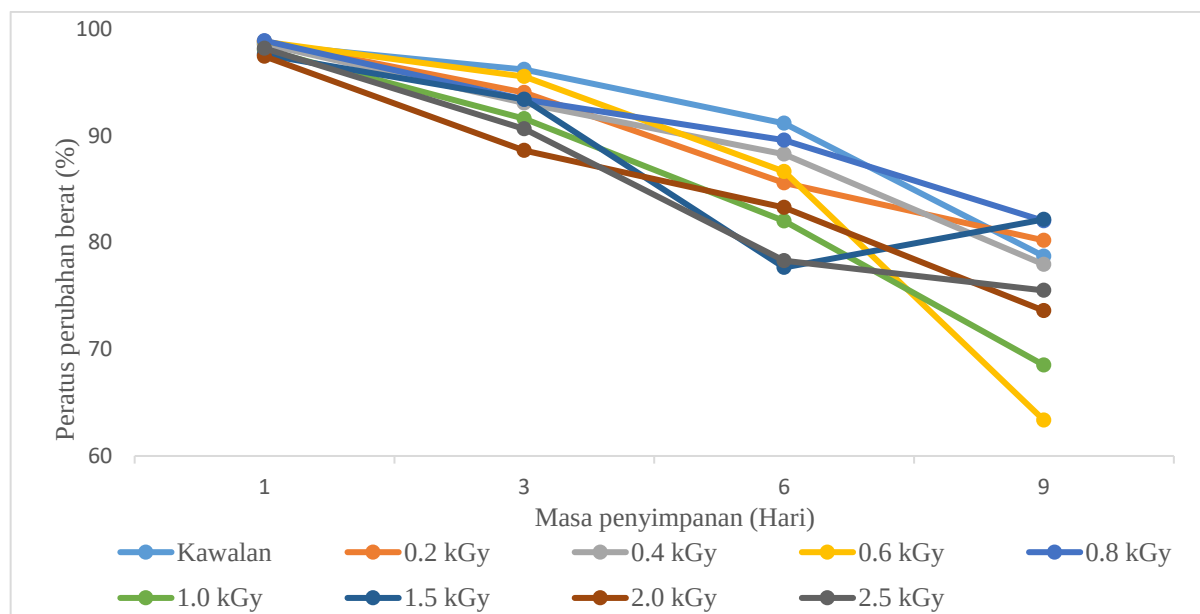
Bagi penentuan nilai pH, alat yang digunakan ialah pH meter digital (model Cyberscan pH 300 Series, Eutech Instruments Pte Ltd, Singapura) ke atas buah durian belanda di dalam bentuk jus. Bacaan diperolehi dari dua bahagian buah yang dipotong bagi mendapatkan nilai purata dan sisihan piawai.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Perubahan berat buah

Rajah 1 menunjukkan peratus kehilangan berat meningkat dengan peningkatan masa penyimpanan. Pada hari pertama selepas penyinaran bagi semua dos menunjukkan tiada perbezaan signifikan ($P > 0.05$) dari segi perubahan peratus kehilangan berat dengan buah kawalan. Purata peratus kehilangan berat buah yang direkodkan pada hari pertama menghampiri 1.5% bagi semua buah yang disinari dan kawalan. Namun begitu, pada hari ke-3, ke-6 dan ke-9, terdapat sedikit perubahan berat pada dos 0.2 kGy, 0.4 kGy, 0.6 kGy dan 0.8 kGy menunjukkan buah yang disinarkan mengalami pengurangan berat yang lebih tinggi berbanding buah

kawalan. Penurunan berat pada hari ke-3 direkodkan dalam julat 4.5% hingga 11.4% bagi semua buah yang disinari. Manakala hari ke-6 pula, purata peratus kehilangan berat menunjukkan penurunan berat dalam julat 10% hingga 22.4% bagi semua dos penyinaran. Akhirnya pada hari ke-9 peratus penurunan berat buah bagi semua dos penyinaran berada dalam julat 18% hingga 36.4%.



Rajah 1. Peratus perubahan berat buah durian belanda sepanjang tempoh penyimpanan

Ini menunjukkan buah durian belanda kawalan juga mengalami penurunan berat buah sepanjang 9 hari tempoh penyimpanan dalam julat 1.45 hingga 21.3%. Ini disokong oleh kajian Aleya (2016), di mana kajian tersebut turut menunjukkan kehilangan berat bagi buah longan yang mungkin disebabkan oleh proses respirasi dan transpirasi semasa penyimpanan buah. Hal ini demikian kerana buah yang telah dituai akan menjalani proses metabolisme bagi mengekalkan sel hidup. Proses respirasi bermaksud pengambilan oksigen dan pembebasan karbon dioksida serta pengewapan wap air dalam buah. Buah yang mempunyai kadar respirasi yang tinggi akan mempercepatkan buah menjadi rosak. Ia adalah berkaitan hidrolisis karbohidrat berat molekul yang tinggi kepada sebatian yang mudah iaitu disakarida dan monosakarida.

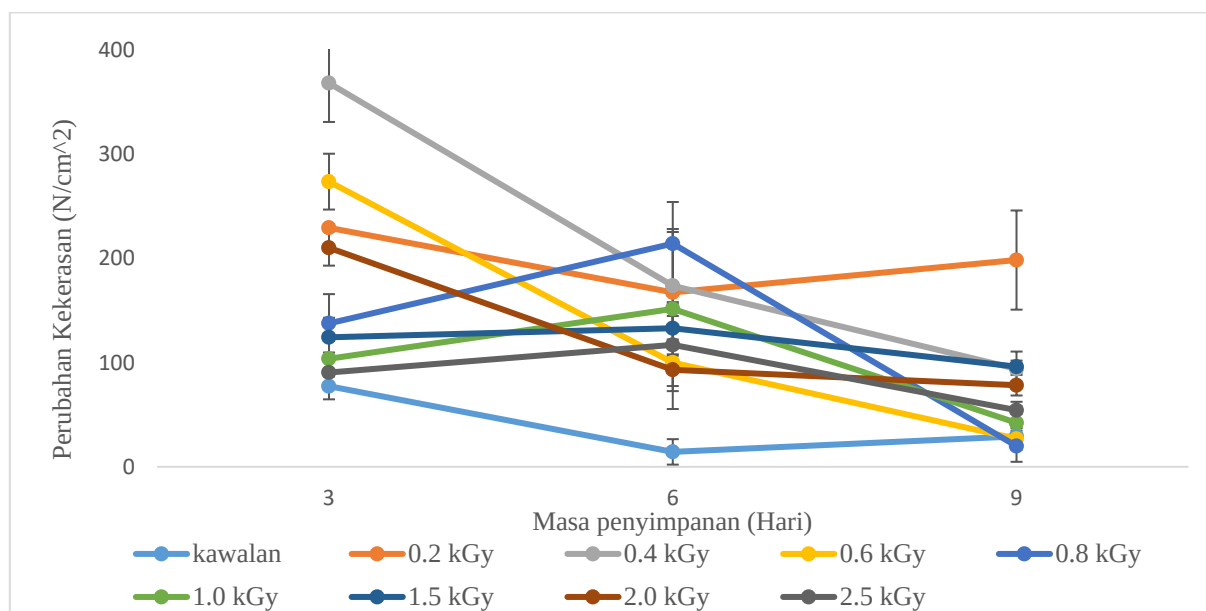
Namun begitu, terdapat perbezaan di antara buah yang disinarkan dengan buah yang tidak disinarkan, di mana buah yang telah disinarkan mengalami penurunan berat yang lebih berbanding dengan kawalan. Berdasarkan kajian tinjauan oleh Amran dan Mohd Fadzil (2018), dos sinaran dalam julat 0.1 hingga 1 kGy memberi kesan yang minimum kepada perubahan berat buah. Walau bagaimanapun, perubahan berat buah dalam tempoh ujian ini bagi dos berlainan adalah tidak signifikan jika dibandingkan dengan buah kawalan berdasarkan ujian-t yang dijalankan yang menunjukkan julat p adalah 0.45 hingga 0.97 melebihi dari 0.05. Hal ini mungkin disebabkan oleh penguraian ikatan unit berat molekul bagi karbohidrat kepada unit yang lebih kecil disebabkan pendedahan kepada sinaran (As 1995).

Selain itu, perubahan buah yang disinarkan pada dos 1.5 kGy juga agak berlainan pada hari ke-9. Jika diperhatikan secara fizikal, ini mungkin disebabkan oleh perbezaan buah yang digunakan pada setiap tempoh ujian.

Kekerasan Buah

Bagi ujian parameter kekerasan buah, pengukuran kekerasan dilakukan pada hari ke-3, ke-6 dan ke-9 bagi buah yang disinarkan pada dos 0.2 kGy hingga 2.5 kGy. Rajah 2 menunjukkan purata kekerasan buah dan sisihan piawai bagi semua buah durian belanda yang disinarkan (dos 0.2 - 2.5 kGy) melawan tempoh penyimpanan. Berdasarkan rajah tersebut, buah yang disinarkan pada dos 0.2 kGy hingga 0.8 kGy menunjukkan kekerasan

adalah melebihi buah kawalan. Pada hari ke-3, data menunjukkan buah yang disinarkan lebih keras berbanding buah kawalan kecuali buah yang disinarkan pada dos 0.8 kGy. Hasil juga mendapati pada hari ke-6 buah yang disinarkan lebih keras berbanding buah kawalan. Bacaan kekerasan buah kawalan pada hari ke-6 ialah $14.34 \pm 12.2 \text{ Ncm}^{-2}$, dengan pemerhatian mata kasar menunjukkan buah telah masak dan lembik. Hasil pada hari ke-9 juga menunjukkan buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy lebih tinggi dari bacaan buah kawalan iaitu $29.28 \pm 10.71 \text{ Ncm}^{-2}$.



Rajah 2. Perubahan kekerasan buah sepanjang tempoh penyimpanan

Manakala buah yang disinarkan pada dos 1.0 hingga 2.5 kGy dan buah kawalan menunjukkan berlakunya penurunan kekerasan buah dengan masa penyimpanan sehingga hari ke-9. Walau bagaimanapun, buah yang disinarkan mendapati mengalami perubahan fizikal lebih lambat berbanding dengan buah kawalan. Pemerhatian perubahan fizikal bagi buah yang disinarkan pada dos 1.0 kGy, 1.5 kGy, dan 2.5 kGy menunjukkan buah lebih keras pada hari ke-6 berbanding dengan pemerhatian pada hari ke-3. Pemerhatian tersebut juga boleh dilihat menerusi mata kasar yang mendapati kulit luar buah menjadi kering dan berwarna perang berbanding buah kawalan disebabkan faktor kehilangan air.

Ujian kekerasan buah ini selari dengan dapatan kajian O' Mahony et al. (1985) yang dilakukan ke atas buah pic. Kajian tersebut mendapati buah pic yang disinarkan dengan dos 0.65 kGy hingga 0.75 kGy adalah lebih keras berbanding dengan buah pic yang tidak disinarkan. Kajian itu juga mendapati proses kemasakan dapat dilambatkan dengan sinaran pada dos 2.0 kGy dan penyimpanan pada suhu optimanya ialah 20°C atau suhu bilik. Malah, dalam kajian tersebut, perisa buah pic masih dapat dikekalkan dengan proses kemasakan yang normal.

Ujian statistik pula menunjukkan terdapat dua dos yang mempunyai kesan yang signifikan berbanding buah kawalan iaitu penyinaran pada dos 0.2 kGy dan 1.5 kGy masing-masing menunjukkan nilai p adalah 0.004 dan 0.024. Ujian-t ke atas dos lain pula menunjukkan nilai yang tidak signifikan terhadap perubahan kekerasan buah dos tersinar berbanding buah kawalan.

Nilai pH

Hasil kajian ke atas nilai pH telah direkodkan. Nilai pH buah yang disinarkan tidak mempunyai perubahan tren yang jelas seperti perubahan berat dan kekerasan namun hampir sama bagi semua kumpulan kecuali pada buah yang disinarkan pada 2.0 kGy dan 2.5 kGy. Hal ini disebabkan oleh kerencatan proses kemasakan buah dan penerimaan dos yang tinggi yang menjadikan buah tersebut seperti terbakar dan hangus.

Bagi dos penyinaran 0.2 hingga 0.8 kGy, hasil menunjukkan julat nilai pH yang dicatatkan pada hari pertama, hari ke-3, hari ke-6 dan hari ke-9 masing-masing ialah antara 3.61 - 5.14, 3.92 - 5.01, 3.34 - 4.10, dan 3.76 - 4.09. Nilai pH bagi buah kawalan pada hari ke-3 dan ke-6 menunjukkan nilai lebih rendah berbanding buah yang disinarkan. Ini menunjukkan buah akan mengalami penurunan nilai pH atau lebih berasid apabila buah mula masak. Manakala hasil pada buah yang disinarkan pada dos 1 kGy, 1.5 kGy, 2.0 kGy dan 2.5 kGy menunjukkan nilai pH pada hari pertama, hari ke-3, hari ke-6 dan hari ke-9 adalah masing-masing di antara 4.72 - 5.00, 3.38 - 5.90, 3.59 - 6.03, dan 4.09 - 5.15.

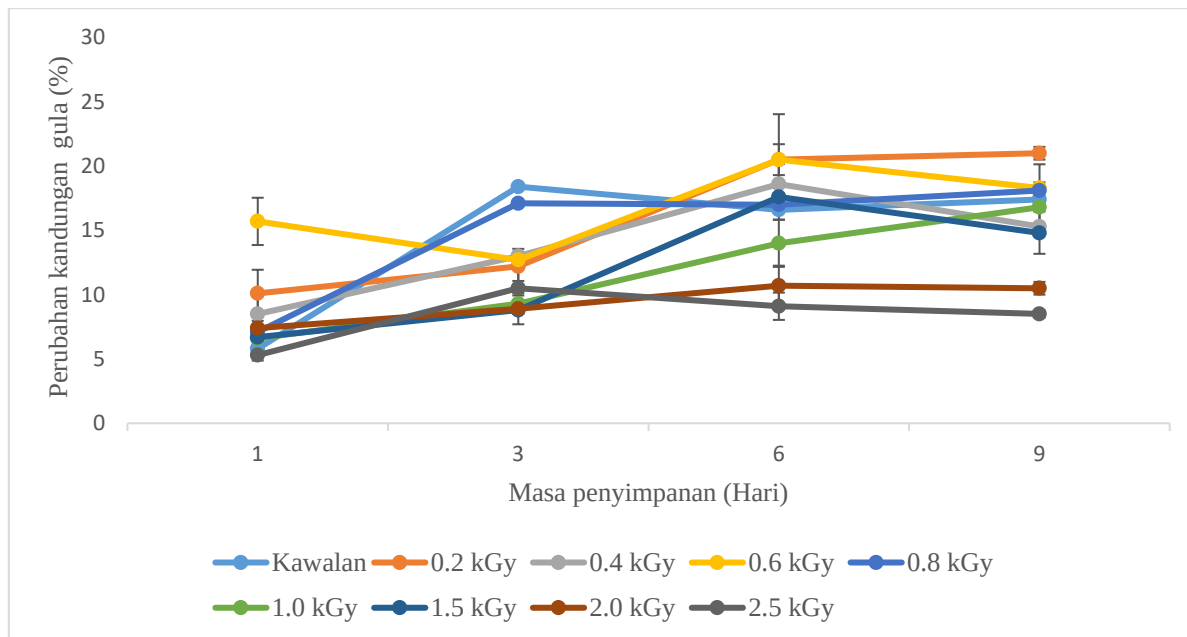
Penurunan nilai pH pada hari ke-3 dan ke-6 berbanding hari pertama bagi buah yang disinarkan pada 0.2 hingga 1.5 kGy menunjukkan berlakunya peningkatan asid tertitrat yang menyumbang kepada peningkatan asid malik dan penurunan nilai pH. Ini turut disokong oleh kajian Biale dan Schauss (2010) terhadap buah durian belanda di mana terdapat penurunan yang ketara dalam pH dari 5.5 kepada 3.7 selepas melebihi tiga hari tempoh kemasakan. Pengurangan pH berhubungkait dengan peningkatan keasidan tertitrat. Kandungan asid malik mula meningkat dalam tempoh dua hari tuaian dan terdapat peningkatan tiga kali ganda semasa buah masak. Peningkatan asid malik menyumbang kepada rasa asid buah dan penurunan pH pulpa (Biale dan Schauss, 2010). Ujian-t menunjukkan perubahan nilai pH bagi semua buah tersinar dan buah kawalan adalah tidak signifikan di mana nilai p berada dalam julat 0.18 hingga 0.91 melebihi 0.05.

Hasil keseluruhan kajian menunjukkan nilai pH sepanjang tempoh penyimpanan adalah tidak dikategorikan sebagai asid kuat dan berada dalam julat 3.38 hingga 6.03. Kajian lepas juga menunjukkan perubahan yang minimum terhadap pH bagi pelbagai jenis buah yang disinarkan pada dos 0.25 hingga 1.50 kGy (Amran & Mohd Fadzil 2018). Antara faktor penurunan nilai pH bagi buah yang disinarkan berkemungkinan disebabkan oleh buah mencapai tahap kemasakan buah di mana buah menjadi ranum dan bersifat lebih asid sedikit. Namun, bagi buah yang rosak pula menunjukkan peningkatan nilai pH seperti yang berlaku pada buah kawalan, dan buah yang disinarkan pada dos 1.0 hingga 1.5 kGy. Menurut kajian Azlan (2010), buah naga mengalami peningkatan nilai pH yang disebabkan oleh serangan *Monilinia fructicola* yang menjadikan buah lembik dan rosak.

Kesimpulannya, sinaran juga boleh mempengaruhi nilai pH pada buah durian belanda. Di samping itu, terdapat faktor lain yang mungkin mempengaruhi nilai pH seperti kerosakan pada buah semasa ujian atau diserang penyakit sebelum menuai.

Kandungan Gula

Hasil purata peratus kandungan gula serta nilai sisihan piawai sepanjang tempoh penyimpanan ditunjukkan seperti dalam Rajah 3 bagi kesemua buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 2.5 kGy dan juga buah kawalan.



Rajah 3. Perubahan kandungan gula sepanjang masa penyimpanan

Bagi buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy, analisis menunjukkan hasil perubahan kandungan gula ke atas durian belanda berada dalam julat 7.1% sehingga 15.7% pada hari pertama berbanding dengan buah kawalan yang mencatatkan nilai $5.8 \pm 0.28\%$. Peningkatan kandungan gula berlaku pada buah yang disinarkan pada dos 0.2 kGy, 0.4 kGy dan 0.8 kGy. Manakala, buah yang disinarkan pada dos 0.6 kGy mengalami penurunan kandungan gula, mungkin disebabkan oleh faktor seperti kecederaan buah atau sebagainya. Julat peratus perubahan kandungan gula bagi buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy pada hari ke-3 ialah 12.2% hingga 17.1% di mana buah kawalan mencatat nilai $18.4 \pm 0.14\%$. Pada hari ke-6 pula, julat perubahan kandungan gula bagi buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy ialah 17.0% hingga 20.5% di mana buah kawalan mencatat nilai $16.6 \pm 0.78\%$ dan pada hari-9 julat 15.3% hingga 21.0% menunjukkan kandungan gula bagi buah disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy di mana buah kawalan mencatatkan nilai kandungan gula sebanyak $17.4 \pm 0.28\%$.

Bagi penyinaran buah pada dos 1.0 hingga 2.5 kGy, peratus perubahan kandungan gula pada hari pertama berada dalam julat 5.3% hingga 7.4%. Pada hari ke-3, menunjukkan buah yang disinarkan berada dalam julat 8.8% hingga 10.5% berbanding buah kawalan yang telah melonjak naik sehingga $18.4 \pm 0.14\%$. Ini menunjukkan bahawa berlakunya peningkatan kandungan gula buah berbanding pada hari pertama. Masa penyimpanan hari ke-6 pula menunjukkan julat sekitar 9.1% hingga 17.6% bagi buah tersinar dibandingkan dengan buah kawalan iaitu $16.6 \pm 0.78\%$. Buah yang disinarkan pada dos 1.5 kGy mencatatkan peningkatan kandungan gula mengatasi buah kawalan. Manakala, buah yang disinarkan pada dos 2.5 kGy mengalami penurunan peratus kandungan gula berbanding tempoh penyimpanan sebelumnya dan buah yang disinarkan pada dos 1.0 kGy dan 2.0 kGy mengalami peningkatan berkadar terus. Pada akhir pemerhatian, iaitu hari ke-9 buah yang disinarkan pada dos 1.0 kGy dan 1.5 kGy mencatatkan kandungan gula yang hampir menyamai buah kawalan, seterusnya buah yang disinarkan pada dos 2.0 kGy dan 2.5 kGy tidak menunjukkan perubahan yang ketara berbanding hari yang sebelumnya. Julat peratus kandungan gula pada hari ke-9 ialah 8.5% hingga 16.8% bagi buah tersinar, lebih rendah daripada buah kawalan iaitu $17.4 \pm 0.28\%$.

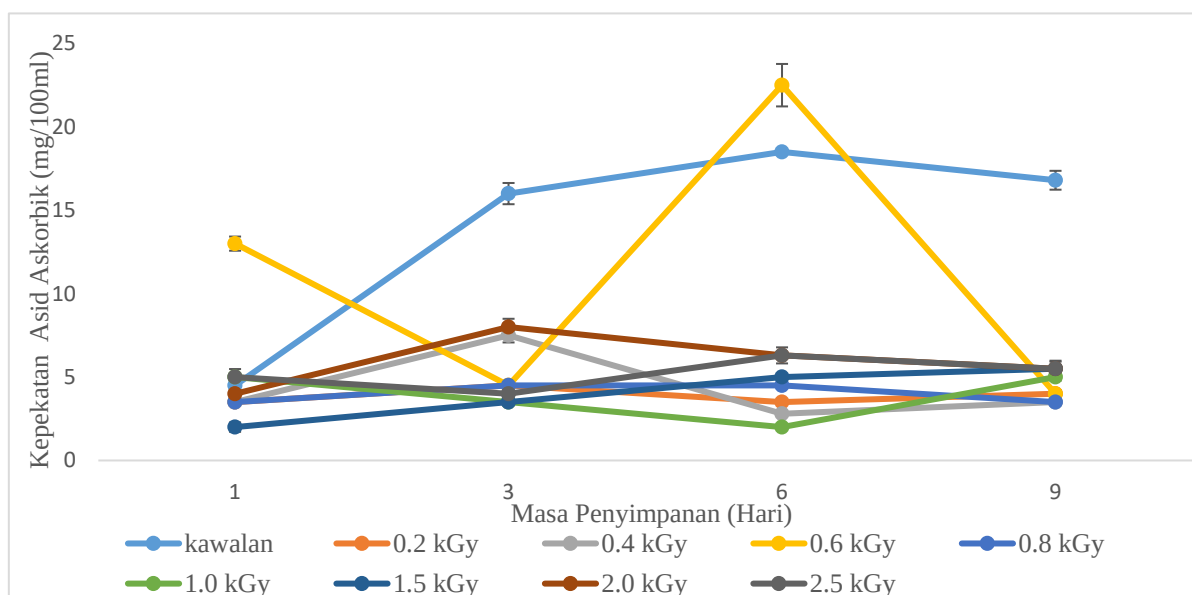
Purata maksimum peratus kandungan gula yang boleh didapati ialah sekitar $21.0 \pm 0.49\%$. Ini didapati berbeza dengan ujian kandungan gula yang dicatatkan oleh Othman et al. (2014) iaitu purata peratus kandungan gula pada buah durian belanda di Tanzania ialah $34.3 \pm 15\%$. Namun begitu, ujian-t yang dijalankan dalam kajian ini tidak menunjukkan perbezaan yang signifikan antara buah durian belanda yang disinarkan dengan buah durian belanda kawalan. Namun, bagi buah yang disinarkan pada dos 1.5 kGy, perbezaan dengan buah kawalan adalah signifikan dengan nilai p ialah 0.003.

Peningkatan peratus kandungan gula dalam tempoh penyimpanan berlaku adalah hasil daripada pemecahan enzimatis polisakarida yang menjadi gula. Ini dibuktikan oleh kajian Othman et al. (2014) yang mencatatkan peningkatan kandungan gula dan sukrosa dalam buah-buahan semasa tempoh penyimpanan buah durian belanda. Peningkatan sukrosa ini sangat penting kerana ia meningkatkan rasa manis buah dan merupakan antara faktor yang sangat penting bagi penggemar buah-buahan.

Hasil kajian ini mendapati penyinaran terhadap buah turut mempengaruhi enzimatis polisakarida yang menyebabkan peratus kandungan gula meningkat secara normal tetapi agak lambat dan penurunan peratus kandungan gula bagi dos sinaran yang lebih tinggi. Kesimpulannya, kajian menunjukkan perubahan kandungan gula akan meningkat berkadar masa penyimpanan.

Perubahan Vitamin C (Asid Askorbik)

Merujuk kepada laman *Health and Science* (2018), vitamin C juga dikenali sebagai asid askorbik dan asid L-askorbik. Asid askorbik juga boleh dimusnahkan oleh cahaya, haba, pendidihan, pembekuan, pemeliharaan dan penyimpanan makanan (termasuk penyimpanan musim sejuk sayur-sayuran dan buah-buahan). Oleh yang demikian, hasil kajian ke atas kandungan asid askorbik dirumuskan dalam Rajah 4.



Rajah 4. Kepekatan asid askorbik melawan masa penyimpanan

Kajian Othman et al. (2014) di Tanzania menunjukkan purata kandungan asid askorbik buah durian belanda semasa tempoh penyimpanan menurun dari 34.0 mg/100 ml selepas dituai dan 19.7 mg/100 ml pada hari ke-8. Kajian tersebut mendapati nilai tinggi asid askorbik dalam durian belanda menandakan potensi penggunaan buah sebagai antioksidan yang baik. Namun begitu, purata kandungan asid askorbik bagi buah kawalan dalam kajian ini mencapai nilai maksimum sekitar 20.5 ± 2.83 mg/100 ml iaitu pada hari ke-6.

Hasil bagi buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy menunjukkan pada hari pertama, buah yang disinarkan mempunyai julat asid askorbik antara 3.5 hingga 13.0 mg/100 ml manakala buah kawalan mempunyai nilai 4.5 mg/100 ml. Pada hari ke-3 pula, julat kepekatan asid askorbik adalah di antara 4.4 hingga 7.5 mg/100 ml di mana buah kawalan mencatatkan nilai 16.0 mg/100 ml. Seterusnya, hari ke-6 pula mencatatkan julat asid askorbik di antara 3.5 hingga 22.5 mg/100 ml dengan nilai pada buah kawalan adalah 18.5 mg/100 ml. Tempoh penyimpanan ke-9 mencatatkan julat asid askorbik 3.5 hingga 4.0 mg/100 ml di mana nilai buah kawalan ialah 16.8 mg/100 ml. Buah yang disinarkan pada dos 0.6 kGy pada hari pertama dan hari ke-6 mencatatkan nilai tertinggi berbanding yang lain, di mana buah tersebut didapati mengalami kerosakan di bahagian dalam melalui pemerhatian fizikal.

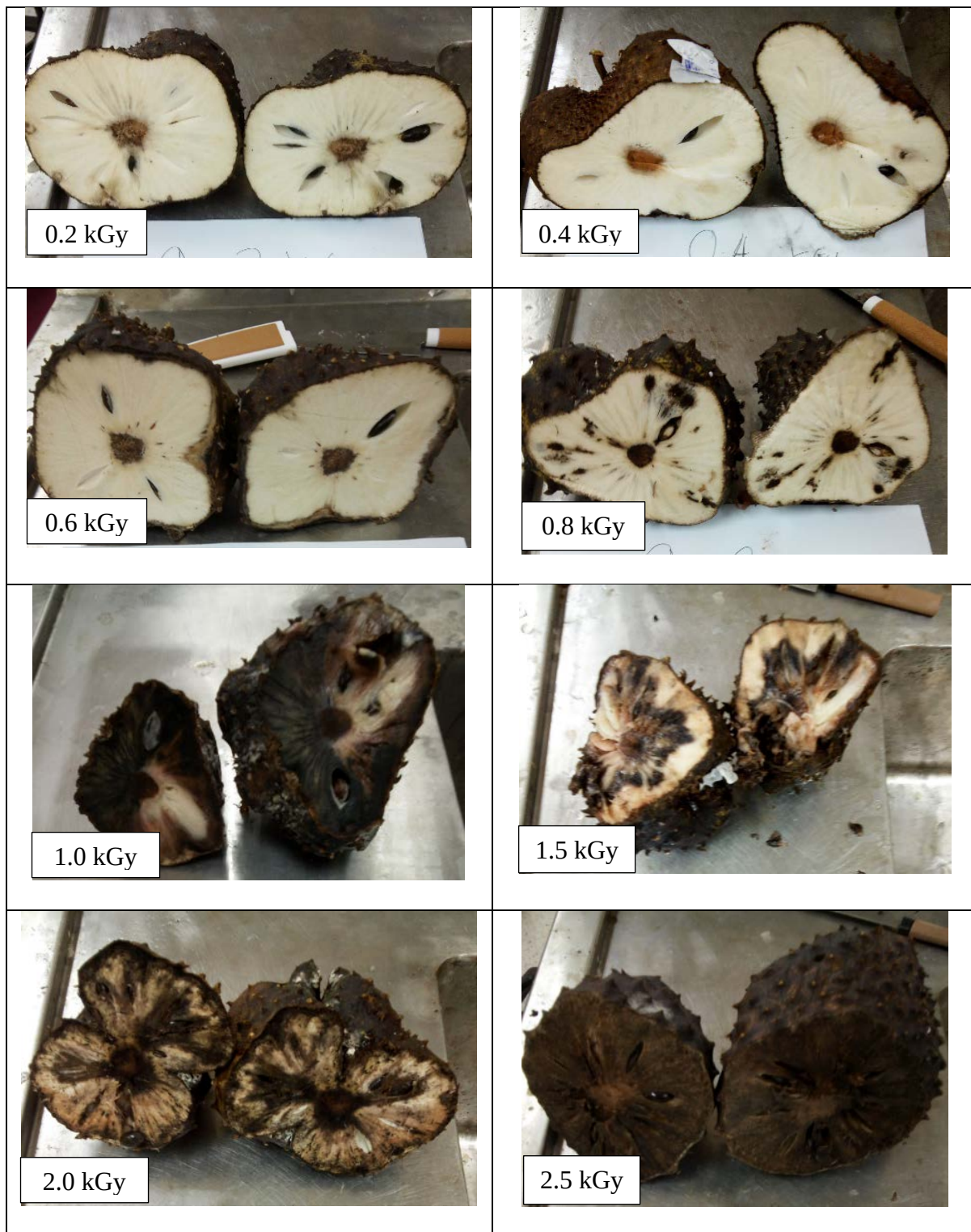
Selain itu, hasil bagi buah yang disinarkan pada dos 1.0 hingga 2.5 kGy, pada hari pertama penyimpanan berada pada julat di antara 2.0 hingga 5.0 mg/100 ml. Seterusnya, julat asid askorbik pada hari ke-3, ke-6 dan ke-9 masing-masing ialah 3.5 hingga 8.0 mg/100 ml, 2.0 hingga 6.3 mg/100 ml, dan 5.0 hingga 5.5 mg/100 ml. Ujian-t menunjukkan buah yang disinar pada dos 0.6 kGy dan 2.0 kGy mempunyai nilai yang tidak signifikan berbanding buah kawalan, manakala buah tersinar yang lain adalah signifikan berbanding buah kawalan dengan nilai p kurang dari 0.05. Buah kawalan menunjukkan peningkatan kadar asid askorbik semasa tempoh penyimpanan namun menurun pada hari terakhir penyimpanan. Ini disebabkan oleh respirasi buah yang mula masak dan buruk. Ini dibuktikan dengan peningkatan asid askorbik dari 4.5 hingga 16.8 mg/100 ml.

Hasil mendapati buah yang disinarkan pada dos 0.2 hingga 0.8 kGy dapat melambatkan penghasilan asid askorbik berbanding buah kawalan. Peningkatan asid askorbik ini mula menyamai nilai maksimum asid askorbik kawalan pada hari ke-6 bagi dos 0.2 kGy, 0.4 kGy dan 0.6 kGy, dan pada hari ke-9 bagi buah yang disinarkan pada dos 0.8 kGy. Malah, buah yang disinarkan pada 1.0 kGy dan 1.5 kGy turut melambatkan proses penghasilan asid askorbik, namun berbeza pada buah yang disinarkan pada dos 2.0 kGy dan 2.5 kGy menunjukkan buah ini tidak menunjukkan peningkatan penghasilan asid askorbik seperti yang dilihat pada Rajah 4 pada tempoh penyimpanan hari ke-6 dan ke-9.

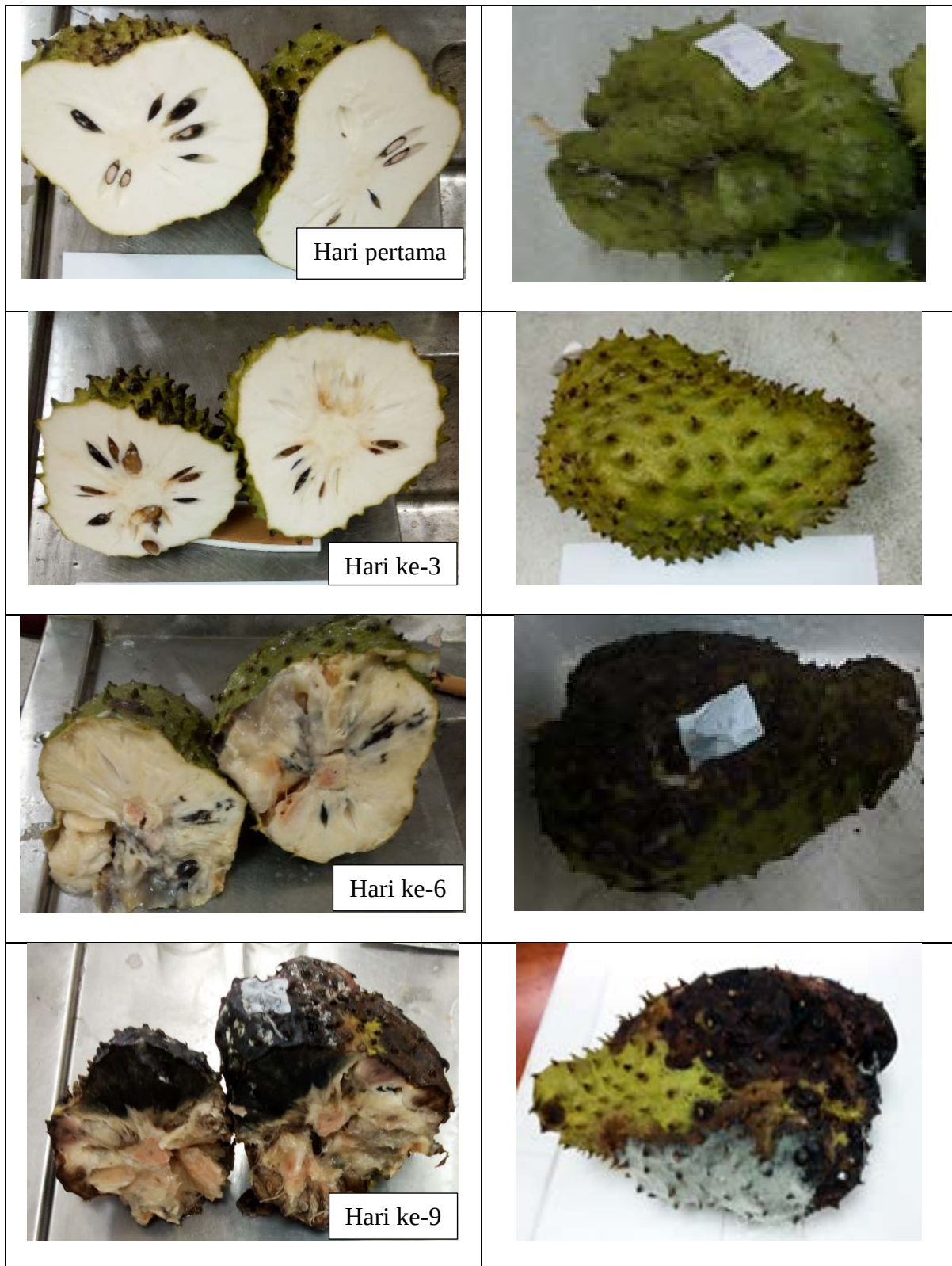
Kajian lepas juga telah membuktikan bahawa sinaran gama terhadap buah dapat menghasilkan kesan yang signifikan seperti kajian terhadap peria oleh Afifa et al. (2012) yang mendapati peningkatan sinaran gama boleh menyebabkan kesan signifikan pada penurunan asid askorbik. Pada masa yang sama, sinaran dapat mengurangkan pertumbuhan mikrob ke atas peria dalam tempoh penyimpanan pada dos 0.25 kGy hingga 0.50 kGy. Kesimpulannya, buah durian belanda yang disinarkan kurang dari 1.5 kGy dapat melambatkan penghasilan asid askorbik, manakala buah yang disinarkan melebihi 2.0 kGy akan menyebabkan kecacatan pada fizikal buah dan tidak menunjukkan peningkatan penghasilan asid askorbik berbanding buah kawalan.

Pemanjangan jangka hayat buah

Perubahan fizikal dan kimia yang telah dibincangkan sebelum ini menunjukkan pemanjangan hayat buah boleh dilakukan dengan rawatan penyinaran ke atas buah. Gambar 1 menunjukkan gambaran isi buah yang telah disinarkan pada hari ke-9, manakala Gambar 2 menunjukkan pemerhatian masa kasar ke atas buah kawalan dari hari pertama hingga hari ke-9. Disebabkan pada dos yang lebih tinggi di antara 1.0 hingga 2.5 kGy tidak menunjukkan kesan yang baik, pemanjangan hayat buah diuji menggunakan julat dos rendah (0.2 hingga 0.8 kGy) sehingga hari ke-12. Namun, pemerhatian dengan mata kasar terhadap buah yang disinar pada dos 0.2 dan 0.4 kGy pada hari ke-12 menunjukkan kerosakan yang teruk, jadi ianya tidak dianalisis. Seterusnya, pemerhatian mata kasar terhadap buah yang disinar pada dos 0.6 dan 0.8 kGy masih baik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, oleh itu pengukuran perubahan kimia dan fizikal diteruskan ke atas buah durian belanda ini. Jadual 1 menunjukkan perubahan fizikal dan kimia yang diukur pada hari ke-12 bagi buah yang disinar pada dos 0.6 dan 0.8 kGy.



Gambar 1. Pemerhatian bagi isi buah durian belanda yang disinarkan pada hari ke-9



Gambar 2. Gambar isi dan fizikal luaran buah durian belanda kawalan mengikut hari pemerhatian



Gambar 3. Pemerhatian buah durian belanda yang disinarkan pada hari ke-12

Jadual 1. Analisis fizikal dan kimia buah durian belanda disinarkan pada dos 0.6 dan 0.8 kGy pada hari ke-12

Parameter ujian	0.6 kGy	0.8 kGy	Ujian-t (nilai p)
Kekerasan buah (Ncm^{-2})	159.6 ± 19.4	144.3 ± 8.3	0.68
Perubahan berat (%)	17.01	13.95	0.34
Kandungan gula (%)	18.4 ± 0.21	19.9 ± 0.64	0.36
pH	4.13 ± 0.18	4.00 ± 0.37	0.50
Vitamin C (mg/100 ml)	0.45 ± 0.07	0.55 ± 0.07	0.15

Berdasarkan Jadual 1, ujian statistik yang dijalankan menunjukkan perbezaan nilai pengukuran pada tempoh hari ke-12 adalah tidak signifikan berbanding hari ke-9. Pemerhatian fizikal bagi bahagian dalam kesemua buah yang disinarkan pada hari ke-9 telah ditunjukkan dalam Gambar 1. Jika dibandingkan buah yang disinarkan pada dos 0.6 dan 0.8 kGy pada hari ke-9 dan ke-12, didapati isi buah masih dalam keadaan yang baik bagi buah yang disinarkan pada dos 0.6 kGy, namun tanda-tanda kerosakan mulai muncul di bahagian tengah buah dan kulit buah (rujuk Gambar 3).

Berdasarkan pemerhatian dan hasil pengukuran ujian fizikal dan kimia ke atas buah durian belanda, boleh disimpulkan, rawatan penyinaran boleh membantu dalam memanjangkan hayat buah sehingga 12 hari dan melambatkan kerosakan buah menggunakan dos sinaran dalam julat yang rendah. Kajian tinjauan juga menunjukkan pemanjangan hayat boleh dilakukan sehingga 7 hari bagi buah mangga, manakala dalam tempoh 1 hingga 4 hari bagi buah lain seperti betik, anggur, pisang, jambu batu, rambutan, nenas, tomato ceri dan cili manis (Amran & Mohd Fadzil 2018).

KESIMPULAN

Kesimpulannya, penyinaran dapat melambatkan proses kemasakan buah dan menambah masa penyimpanan buah durian belanda dari kebiasaannya 5 hari kepada 12 hari. Buah durian belanda sesuai disinarkan pada julat dos yang rendah iaitu di antara 0.2 kGy hingga 0.8 kGy, manakala dos sinaran yang optimum digunakan adalah 0.6 kGy. Pemerhatian fizikal buah boleh menjadi rujukan untuk melihat tahap kerosakan buah, namun bahagian dalam buah juga boleh menjadi petunjuk yang baik untuk melihat kualiti buah. Berdasarkan ujian statistik yang dijalankan bagi setiap tempoh masa ujian, perubahan pada sifat fizikal dan kimia buah durian belanda yang berlaku kebanyakannya tidak signifikan berbanding buah kawalan.

RUJUKAN

- Agisimanto, D., Mohd Noor, N., Ibrahim, R. & Mohamad, A. 2016. Gamma Irradiation Effect on Embryogenic Callus Growth of Citrus reticulata cv. Limau Madu. *Sains Malaysiana* 45(3): 329–337.
- Ahmad Ramli, R. A., Mohd Dzomir, A. Z., Othman, Z., Wan Abdullah, W. S. & Yasir, M. S. 2015. Development of photostimulated luminescence technique for detecting irradiated food. *Jurnal Sains Nuklear Malaysia* 27(1): 7-13.
- Amran, A. A. & Mohd Fadzil, S. 2018. Tinjauan penggunaan teknologi sinaran ke atas buah-buahan di Malaysia. *Undergraduate Research Journal for Applied Physics and Novel Materials* 2: 35-40.
- As, D. V. 1995. *Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food*. Geneva: WHO Library Cataloguing.
- Badrie, N. & Schauss, A. G. 2010. Soursop (*Annona muricata* L.): Composition, nutritional value, medicinal uses, and toxicology. *Bioactive Foods in Promoting Health* 39(2): 621–643.
- Dias, D. D. R. C., Barros, Z. M. P., Carvalho, C. B. O. D., Honorato, F. A., Guerra, N. B. & Azoubel, P. M. 2015. Effect of sonication on soursop juice quality. *LWT - Food Science and Technology* 62(1): 883-889.
- Ding, P., Rosli, M. F. & Mahassan, N. A. 2015. UV-C Irradiation Affects Quality, Antioxidant Compounds and Activity of Musa AAA Berangan. *Sains Malaysiana* 44(8): 1095–1101.
- Ferrier, P. 2010. Irradiation as a quarantine treatment. *Food Policy* 35(6): 548–555.
- Fidianingsih, I. & Handayani, E. S. 2014.** Annona muricata aqueous extract suppresses T47D breast cancer cell proliferation. *Universa Medicina* 33(1): 19-26.
- Health and Science. 2018. *News about health, family and lifestyle*. http://healthandscience.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=476:vitamin-c-ascorbic-acid&catid=54&Itemid=327&lang=en [21 Mei 2018].
- Jabatan Pertanian. 2016. *Statistik tanaman buah-buahan Malaysia 2016*. Jabatan Pertanian: Putrajaya.
- Khatun, A., Afzal H., Mahfuza I., Arjina H., Kamruzzaman M. & Roksana Huque. 2012. Effect of gamma radiation on antioxidant marker and microbial safety of fresh bitter melon (*Momordica charantia* L.). *International Journal of Biosciences* 2(11): 43-49.
- Kim, K. H. & Yook, H. S. 2009. Effect of gamma irradiation on quality of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa* cv. Hayward). *Radiation Physics and Chemistry* 78(6):414-421.
- Kong, C. T., Ho, C. W., Alvin L. J. W., Lazim, A., Fazry, S. & Lim, S. J. 2018. Chemical Changes and Optimisation of Acetous Fermentation Time and Mother of Vinegar Concentration in the Production of Vinegar-like Fermented Papaya Beverage. *Sains Malaysiana* 47(9): 2017–2026.
- Malaysia. 2011. Peraturan-peraturan Iradiasi Makanan 2011, Akta Makanan 1983 (Akta 281). Warta Kerajaan, Malaysia.
- Moghadamtousi, S. Z., Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Ali, H. M. & Kadir, H. A. 2015. Annona muricata (Annonaceae): A review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. *International Journal of Molecular Sciences* 16(7): 15625–15658.
- Mohd Fadzil, S., Hamzah, M. M., Yasir, M. S., Mohd Nasir, N. L., Mohd Hidzir, N., Idris, M. I. & Abdul Rahman, I. 2018. Malaysian Green Capsicum: Gamma Irradiation Effects. *Journal of Nuclear and Related Technologies* 15(1):1-8.
- Moy, J. H & Wong, L. 2002. The efficacy and progress in using radiation as a quarantine treatment of tropical fruits - a case study in Hawaii. *Radiation Physics And Chemistry* 63(3-6): 397-401.
- Muhd Azlan Abd Ghani. 2010. Calcium treatment against anthracnose and brown rot in red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus* (F.A.C. Weber) Britton & Rose). UPM.

- Nur Aleya, L. 2016. Kesan sinar gama ke atas tahap kematangan, perubahan fizik dan kimia buah longan. Tesis Sarjana Muda Sains Kepujian, Program Sains Nuklear, Pusat Pengajian Fizik Gunaan, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- O'Mahony, M., Wong, S.Y. & Odbert, N. 1985. Sensory evaluation of regina products peaches treated with low doses of gamma radiation. *Journal of Food Science* 50(3): 34-70.
- Othman, O., Fabian, C. & Lugwisha, E. 2014. Post Harvest Physicochemical Properties of Soursop (*Annona Muricata* L.) Fruits of Coast Region, Tanzania. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 2(5): 220-226.
- Riyadi, I. & Sumaryono. 2016. Effect of gamma irradiation on the growth and development of sago palm (*metroxylon sagu rottb.*) Calli. *Indonesian Journal of Agricultural Science* 17(1): 35-40.
- Siang, L. M., Ding, P. & Mahmud T. M. M. 2019. Response of 1-Methycyclopropene on Postharvest Quality of Local Soursop (*Annona muricata* L.). *Sains Malaysiana* 48(3): 571-579.
- Sunil, P., Yahia, E. M., Pareek, O. P. & Kaushik, R. A. 2011. Postharvest physiology and technology of Annona fruits. *Food Research International* 44 (7): 1741-51.