

## Kesan Pengeringan terhadap Kandungan Fenol dan Aktiviti Antioksidan Daun Ketumbar Jawa (*Eryngium foetidum*)

(Effect of Drying on Phenolic Content and Antioxidant Activity of Javanese Coriander Leaf (*Eryngium foetidum*))

CHEONG KAH YEE<sup>1</sup>, HASLANIZA HASHIM<sup>1,2,\*</sup> & NUR ATIQA AS'ARI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Sains Makanan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

<sup>2</sup>Pusat Inovasi dan Teknologi Manisan (MANIS), Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Diserahkan: 27 September 2021/Diterima: 25 Januari 2022

### ABSTRAK

*Eryngium foetidum* atau lebih dikenali sebagai pokok ketumbar jawa atau jemuju di Malaysia merupakan tumbuhan yang mempunyai banyak manfaat terutamanya dalam aspek perubatan dan kesihatan. Fokus utama kajian ini adalah untuk menentukan kesan kaedah pengeringan yang berbeza (matahari, ketuhar dan ketuhar gelombang mikro) dan pelarut etanol dan air dengan nisbah berbeza terhadap ciri antioksidan *E. foetidum*. Pengeringan matahari dijalankan di bawah matahari secara langsung dengan suhu dalam julat 25 hingga 35 °C. Bagi pengeringan ketuhar, suhu 30, 50 dan 70 °C digunakan untuk mengeringkan daun *E. foetidum*, manakala dalam pengeringan ketuhar gelombang mikro, kuasa output 300 dan 800 W digunakan. Pengekstrakan daun *E. foetidum* dijalankan menggunakan nisbah pelarut etanol:air yang berbeza iaitu 100:0, 50:50 dan 0:100. Jumlah kandungan fenol (TPC) dijalankan untuk menentukan kandungan fenol dalam ekstrak *E. foetidum*. Dua kaedah dijalankan dalam penentuan aktiviti antioksidan iaitu ujian pemerangkapan radikal bebas (DPPH) dan ujian penurunan kuasa ferik (FRAP). Hasil kajian menunjukkan pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro merupakan kaedah pengeringan yang paling berkesan berbanding dengan kaedah pengeringan lain yang dikaji. Pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro dan ketuhar pada suhu rendah (30 dan 50 °C) membawa perubahan warna yang kecil secara signifikan ( $p < 0.05$ ) terhadap daun *E. foetidum*. Jumlah kandungan fenol menunjukkan kedua-dua pengeringan ketuhar gelombang mikro dan pelarut etanol:air 50:50 dan 0:100 memberikan bacaan yang tertinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ). Selain itu, nilai DPPH yang signifikan ( $p < 0.05$ ) dapat dilihat pada semua kaedah pengeringan kecuali pengeringan ketuhar pada suhu 70 °C dan pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 berbanding dengan daun segar *E. foetidum*. Hasil kajian juga mendapati pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 dan pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro 800 W menunjukkan aktiviti antioksidan yang tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) terhadap ujian FRAP. Nilai korelasi yang signifikan ( $p < 0.05$ ) ditunjukkan antara kandungan fenol dengan aktiviti antioksidan bagi ekstrak daun *E. foetidum* dengan pengekstrakan menggunakan nisbah pelarut berbeza, tetapi tidak signifikan ( $p > 0.05$ ) dengan pengekstrakan menggunakan kaedah pengeringan berbeza.

Kata kunci: Antioksidan; kaedah pengeringan; kandungan fenol; ketumbar jawa; nisbah pelarut

### ABSTRACT

*Eryngium foetidum* or commonly known as *ketumbar jawa* or *jemuju* tree in Malaysia which is a plant that has many benefits especially in medical and health aspects. The main focus of this study is to determine the effect of different drying methods (sun, oven, and microwave) and different ratios of solvent (ethanol and water) on the physicochemical and antioxidant properties of *E. foetidum*. Sun drying is carried out directly under the sun with temperatures ranging from 25 to 35 °C. In oven drying, temperature of 30, 50, and 70 °C have been used to dry *E. foetidum*, whereas in microwave drying, 300 and 800 W output power have been used. Extraction of *E. foetidum* leaves were carried out using different ratio of ethanol:air which were 100: 0, 50:50 and 0: 100. Total phenolic content (TPC) have been carried

out to determine phenolic content in the extract of *E. foetidum*. Two methods have been carried out in determination of antioxidant activity which are Radical Scavenging Assay (DPPH) and Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP). Results showed that microwave oven drying is the most effective drying method compared to other drying methods studied. Drying method using microwave and oven at low temperatures (30 and 50 °C) lead to smaller colour changes significantly ( $p < 0.05$ ) to *E. foetidum* leaves. Total phenolic content showed both drying methods of microwave with ethanol:water ratios of 50:50 and 0:100 gave significantly higher value ( $p < 0.05$ ). In addition, significant DPPH values ( $p < 0.05$ ) can be seen in all drying methods except oven drying at 70 °C and ethanol:water solvents with ratios of 50:50 compared to fresh leaves of *E. foetidum*. The results also found that extraction using ethanol:water ratios of 50:50 and drying with microwave at 800 W showed significant highest antioxidant activity ( $p < 0.05$ ) in FRAP test. Significant correlation value ( $p < 0.05$ ) shown between phenolic content and antioxidant activity in extraction of *E. foetidum* leaves using different solvent ratios, but no significant ( $p > 0.05$ ) in the extraction using different drying methods.

Keywords: Antioxidants; drying method; javanese coriander; phenol content; solvent ratio

## PENGENALAN

Dalam tubuh manusia, proses fisiologi dan biokimia yang berlaku boleh menyebabkan penghasilan radikal bebas dan Spesies Oksigen Reaktif (ROS) yang merbahaya (Cai et al. 2004). Radikal bebas berlaku disebabkan oleh pencemaran alam sekitar, radiasi, bahan kimia, toksin dan tekanan fizikal. Hal ini boleh menyebabkan sistem imun menjadi lemah, perubahan dalam ekspresi gen dan menggalakkan penghasilan protein yang tidak normal (Pourmorad et al. 2006). Bagi individu yang sihat, penghasilan radikal bebas diseimbangkan oleh sistem pertahanan badan melalui antioksidasi. Walau bagaimanapun, tekanan oksidatif akan terhasil apabila penjanaan radikal bebas melebihi tahap antioksidasi dalam badan kita. Penghasilan yang berlebihan ini boleh menyebabkan kerosakan oksidatif kepada biomolekul dalam badan kita seperti lipid, protein dan asid deoksiribonukleik (DNA). Hal ini boleh menyebabkan berlakunya penyakit kronik seperti aterosklerosis, kanser, diabetes, penuaan dan penyakit degeneratif lain pada manusia (Shyur et al. 2005).

*Eryngium foetidum* merupakan salah satu tumbuhan herba yang mempunyai kandungan antioksidasi yang tinggi. Berdasarkan kajian lepas, komponen bioaktif dalam ekstrak *E. foetidum* ialah fenol, flavonoid, tanin dan polifenol. Sebatian polifenol *E. foetidum* ini boleh bertindak sebagai anti-inflamasi, pelindung hati, antioksidasi, antitrombotik, antikarsinogenik, pemerangkap radikal bebas, antimitagenik, antimikrobial dan antihiperlipidemia (Malik et al. 2016). Di Malaysia, *E. foetidum* biasanya digunakan untuk merawat kulit yang melecur terkena api dan masalah keguguran rambut (Sabda 2013).

Kandungan lembapan dalam tumbuhan ini adalah tinggi. Oleh itu, tumbuhan ini dikelaskan sebagai bahan

yang mudah rosak. Pemilihan kaedah pengeringan bergantung kepada pelbagai faktor seperti jenis produk, alat pengering, kos dan kualiti akhir produk tersebut (Sagar & Kumar 2010). Kaedah pengeringan matahari dan relau banyak digunakan untuk menghasilkan produk kering kerana melibatkan kos yang rendah (Soysal & Öztekin 2001). Teknik baru yang lebih inovatif yang dapat meningkatkan kadar pengeringan dan kualiti produk telah mendapat perhatian seperti pengeringan ketuhar gelombang mikro. Kaedah pengeringan ini terkenal kerana kelebihannya yang lebih baik daripada pemanasan konvensional seperti mengurangkan masa pengeringan bahan biologi tanpa menjejaskan kualiti makanan. Di dalam industri, pemprosesan makanan menggunakan teknik ini adalah ekonomi dan boleh dilaksanakan (Arslan & Özcan 2010).

Fokus utama kajian ini dijalankan adalah untuk menilai potensi penggunaan daun *E. foetidum* sebagai sumber baru antioksidasi semula jadi, selain mengkaji kesan kaedah pengeringan dan penggunaan nisbah pelarut yang berbeza terhadap ekstrak daun *E. foetidum*. Oleh itu, kajian ini perlu dijalankan untuk menentukan kaedah pengeringan terbaik dan nisbah pelarut yang paling sesuai ke atas kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi ekstrak daun *E. foetidum*.

## BAHAN DAN KAEDAH

### BAHAN

*Eryngium foetidum* diperolehi dari Bukit Merah, Perak. Daunnya disimpan dalam bilik sejuk pada suhu 4 °C sebelum digunakan untuk analisis selanjutnya. Etanol, reagen Folin-Ciocalteu (Vetec, Brazil), 7% natrium karbonat anhidrus, peletasid galik, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil, metanol, asid askorbik, 2,4,6-Tri(2-

piridil)-s-triazine (TPTZ), ferik (III) klorida, natrium asetat trihidrat ( $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), asid asetat glasial dan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Semua bahan kimia yang digunakan adalah daripada Sigma-Aldrich, USA kecuali yang telah dinyatakan.

#### PENYEDIAAN SAMPEL

Daun *E. foetidum* dibahagikan kepada empat kumpulan mengikut kaedah pengeringan yang berbeza iaitu sampel segar (kawalan), sampel untuk pengeringan matahari, sampel untuk pengeringan ketuhar dan sampel untuk pengeringan ketuhar gelombang mikro.

#### KAEDAH PENGERINGAN

##### PENGERINGAN MATAHARI

Sebanyak 200 g daun *E. foetidum* ditimbang dan dikeringkan di bawah sinar matahari secara langsung dengan suhu udara sepanjang hari maksimum sekitar 25 hingga 35 °C sehingga sampel mencapai kandungan lembapan akhir yang malar (Karabulut et al. 2007). Berat sampel *E. foetidum* ditimbang untuk setiap satu jam (Arslan & Özcan 2010).

##### PENGERINGAN KETUHAR

Sebanyak 200 g daun *E. foetidum* ditimbang dan dikeringkan dalam ketuhar (UM 400, Memmert Universal Oven, Germany) pada tiga suhu yang berbeza iaitu 30, 50 dan 70 °C sehingga sampel mencapai kandungan lembapan akhir yang malar. Berat sampel *E. foetidum* ditimbang untuk setiap satu jam (Arslan & Özcan 2010).

##### PENGERINGAN KETUHAR GELOMBANG MIKRO

Sebanyak 200 g daun *E. foetidum* akan ditimbang dan dikeringkan dalam ketuhar gelombang mikro (MJ3881BP, LG Microwave Oven, Malaysia) pada dua kuasa output yang berbeza iaitu 300 W dan 800 W berdasarkan kajian yang dijalankan oleh Soysal (2004). Berat sampel ditimbang setiap 30 saat (Alibas 2007). Proses ini dijalankan sehingga sampel mencapai kandungan lembapan akhir yang malar.

#### PENENTUAN KANDUNGAN LEMBAPAN

Sampel daun *E. foetidum* dikeringkan sehingga berat malar diperolehi. Kehilangan berat (g/100 g) semasa pengeringan digunakan untuk menentukan kandungan lembapan sampel semasa proses pengeringan (Mehta et al. 2017).

Kandungan lembapan =

$$\frac{\text{Jisim air yang dibuang}}{\text{Jisim sampel yang dikeringkan}} \times 100 \quad (1)$$

#### PENYEDIAAN EKSTRAK

Daun *E. foetidum* yang telah dikeringkan dikisar pada suhu bilik menggunakan pengisar (7011S, Waring Blender, Torrington, USA) untuk menghasilkan serbuk halus dengan penapis 60 mesh (Arabshahi-Delouee & Urooj 2007). Sebanyak 5 g serbuk daun *E. foetidum* yang telah dikeringkan tersebut diekstrak menggunakan 50 mL pelarut pada kepekatan etanol dan air yang berbeza (100:0, 50:50 dan 0:100). Proses pengekstrakan dijalankan pada suhu bilik pada kelajuan 200 rpm dengan menggunakan penggoncang (KS 4000 IC Control, IKA Shakers, Germany) selama 1 jam. Ekstrak tumbuhan tersebut ditapis dengan menggunakan kertas penapis Whatman No 1 dengan bantuan vakum. Hasil turasan disimpan dalam botol gelap pada suhu -20 °C sebelum dianalisis bagi penentuan kandungan fenol dan aktiviti antioksidan (Murugan & Parimelazhagan 2014). Proses pengekstrakan dijalankan sebanyak tiga replikasi.

#### PENENTUAN JUMLAH KANDUNGAN FENOL

Berdasarkan pengubahsuaian kaedah Chan et al. (2009), sebanyak 1 mL sampel ekstrak daun *E. foetidum* dicampurkan dengan 5 mL reagen Folin-Ciocalteu (10 kali pencairan dengan air suling). Selepas 5 min, sebanyak 4 mL 7.5% larutan tepu natrium karbonat ditambah dan digoncang. Campuran dibiarkan selama 30 min pada suhu bilik dan daya serapan diukur pada jarak gelombang 765 nm dengan menggunakan spektrofotometer (Epoch™ Microplate Spectrophotometer, BioTek® Instruments, USA). Larutan asid galik digunakan sebagai larutan piawai dalam ujian ini. Kandungan fenol jumlah akan dinyatakan sebagai kesetaraan asid galik dalam unit (mg GAE/g sampel) dengan formula:

$$A(\text{mg GAE/g}) = \frac{C \times V}{M} \quad (2)$$

dengan A ialah jumlah kandungan fenol (mg GAE/g); C ialah kepekatan ditentukan dari keluk piawai (mg/mL); V ialah isi padu sampel (mL); dan M ialah jisim ekstrak (g).

#### PENENTUAN ANTIOKSIDA

##### PEMERANGKAPAN RADIKAL BEBAS

Berdasarkan pengubahsuaian kaedah Lim et al. (2014), larutan 0.1 mM DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil)

digunakan sebagai larutan stok dan disediakan secara segar setiap kali digunakan. Sebanyak 3.94 mg serbuk DPPH dicairkan dengan sedikit metanol dan dipenuhi sehingga 100 mL dalam kelalang volumetrik. Sebanyak 0.5 mL sampel ditambah dengan 5.0 mL 0.1 mM DPPH metanol. Selepas 30 min, penyerapan akan dibaca pada 517 nm di dalam mikroplat 96 telaga (200  $\mu$ L) menggunakan spektrometer (Epoch™ Microplate Spectrophotometer, BioTek® Instruments, USA). Asid askorbik digunakan sebagai piawai antioksidan. Aktiviti penyingkiran dinyatakan sebagai mg asid askorbik setara (AEAC)/g sampel.

$$A(\text{mg AEAC/g}) = \frac{C \times V}{M} \quad (3)$$

dengan C ialah kepekatan ditentukan dari keluk piawai (mg/mL); V ialah isi padu sampel (mL); dan M ialah jisim ekstrak (g).

#### PENURUNAN KUASA FERIK

Berdasarkan pengubahsuaian kaedah Benzie dan Strain (1996), reagen FRAP disediakan dengan mencampurkan 25 mL 300 mM penimbal asetat (pH 3.6), 2.5 mL 10 mM larutan TPTZ dan 2.5 mL 20 mM FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O dalam nisbah 10:1:1. Seterusnya, sebanyak 4 mL reagen FRAP yang segar telah dicampur dengan 100  $\mu$ L sampel dan dibiarkan bertindak balas dalam keadaan gelap pada 37 °C selama 30 min. Selepas 30 min, 200  $\mu$ L daripada campuran tersebut diambil dan bacaan penyerapan telah diambil pada 593 nm menggunakan spektrofotometer (Epoch™ Microplate Spectrophotometer, BioTek® Instruments, USA). Nilai kuasa penurunan ferik dinyatakan sebagai  $\mu$ mol Fe (II)/g sampel.

$$A (\mu\text{mol Fe (II)/g sampel}) = \frac{C \times V}{M} \quad (4)$$

dengan C ialah kepekatan ditentukan dari keluk piawai ( $\mu$ mol/mL); V ialah isi padu sampel (mL); dan M ialah jisim ekstrak (g).

#### ANALISIS STATISTIK

Ujian Tukey dan ujian korelasi Pearman dijalankan untuk menganalisis data dengan menggunakan ANOVA satu hala dalam perisian Minab versi 17.0 pada aras signifikan 95% ( $p < 0.05$ ). Microsoft Excel versi 2007 telah digunakan untuk menghasilkan data graf dan carta.

## HASIL DAN PERBINCANGAN

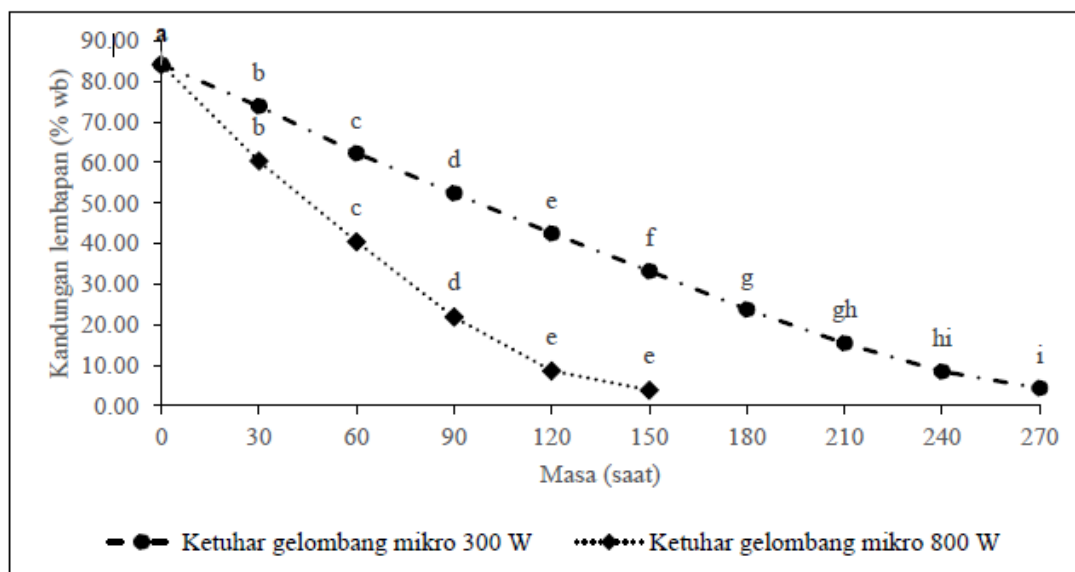
### PENENTUAN MASA PENGERINGAN DAUN *E. foetidum* MENGGUNAKAN KAEDAH PENGERINGAN BERBEZA

Daun segar *E. foetidum* mengandungi kadar lembapan yang tinggi iaitu sebanyak  $84.22 \pm 5.28\%$  wb. Dalam kajian ini, sasaran kandungan lembapan akhir dalam daun kering ialah  $\sim 7\%$  wb, seperti yang disarankan oleh piawai industri bagi produk herba dan rempah kering (Jayaraman & Das-Gupta 1995).

### PENGERINGAN KETUHAR GELOMBANG MIKRO

Lengkung pengeringan untuk daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan ketuhar gelombang mikro (300 dan 800 W) ditunjukkan dalam Rajah 1. Kandungan lembapan dalam daun segar *E. foetidum* adalah malar iaitu  $84.22 \pm 5.28\%$  wb, kaedah pengeringan yang berbeza memerlukan tempoh pengeringan yang berbeza untuk mengeringkan sampel sehingga mencapai kandungan lembapan akhir kurang daripada 7% wb.

Semua lengkung pengeringan adalah berbentuk eksponen. Dalam proses pengeringan, kandungan lembapan dalam daun *E. foetidum* adalah semakin berkurangan. Bagi pengeringan ketuhar gelombang mikro, untuk kuasa output 800 W, kandungan lembapan telah menurun secara signifikan ( $p < 0.05$ ) daripada 84.22 ke 3.84% wb dengan mengambil masa 150 s. Pada awalnya, pengurangan kandungan lembapan menjadi perlahan secara signifikan ( $p < 0.05$ ). Namun begitu, kandungan lembapan pada saat ke-120 dan 150 adalah tidak berbeza secara signifikan ( $p > 0.05$ ). Pada kuasa output 300 W, proses pengeringan telah mengambil masa 270 s untuk mencapai kandungan lembapan 4.33% wb. Kandungan lembapan menurun secara signifikan ( $p < 0.05$ ) dari 0 ke 180 s. Namun, kandungan lembapan tidak berbeza secara signifikan ( $p > 0.05$ ) pada 180 dan 210 s. Tempoh pengeringan dapat dikurangkan sebanyak 44.44% wb jika menggunakan kuasa output 800 W berbanding 300 W. Hasil yang sama turut diperoleh dalam beberapa kajian lain (Alibas 2007; Arslan & Özcan 2010; Soysal 2004; Wang et al. 2007). Seremet et al. (2016) menyatakan bahawa peningkatan suhu dalaman dan tekanan wap sewaktu pemanasan menggunakan ketuhar gelombang mikro membantu cecair mengalir ke permukaan seterusnya meningkatkan kadar pengeringan. Berdasarkan Fu et al. (2017), kandungan lembapan yang sangat tinggi pada peringkat awal pengeringan telah menyebabkan penyerapan kuasa gelombang mikro dan kadar pengeringan yang lebih



<sup>a-i</sup> Abjad berbeza menunjukkan perbezaan signifikan masa pengeringan ( $p < 0.05$ )

RAJAH 1. Lengkung pengeringan bagi daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan ketuهار gelombang mikro pada kuasa output berbeza (800 W dan 300 W)

tinggi. Semasa proses pengeringan, kehilangan lembapan dalam produk makanan menyebabkan penurunan penyerapan kuasa gelombang mikro dan mengakibatkan penurunan kadar pengeringan. Kuasa output gelombang mikro yang lebih tinggi menghasilkan kadar pengeringan yang lebih tinggi. Sarimeseli (2011) juga menyatakan peningkatan kuasa output dapat memendekkan masa pengeringan sebanyak 35% dalam sampel daun ketuهار (*Coriandrum sativum* L.).

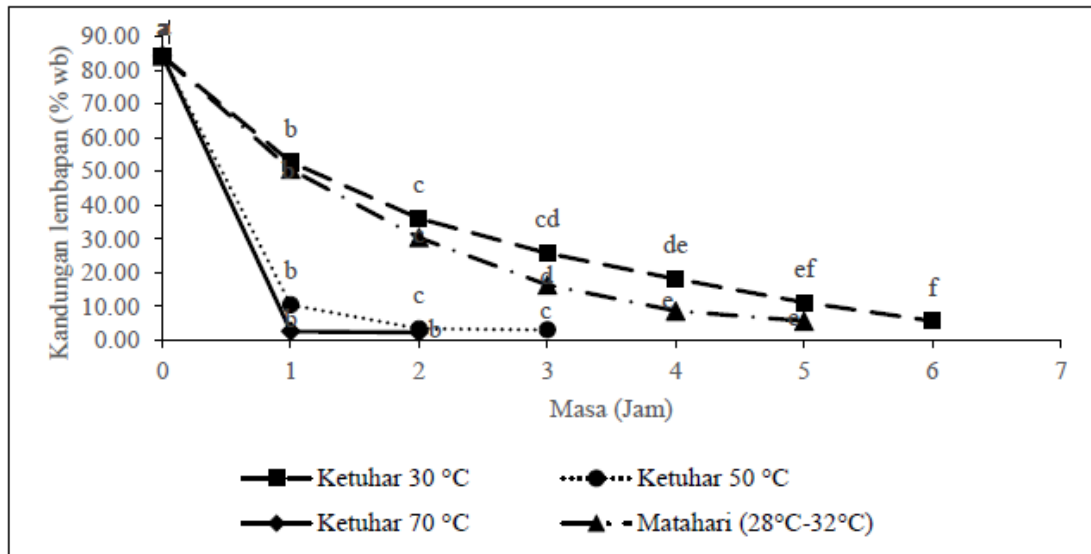
#### PENGERINGAN KETUهار DAN MATAHARI

Lengkung pengeringan bagi daun *E. foetidum* yang dikeringkan di bawah matahari dan dengan ketuهار pada tiga suhu berbeza (30, 50 dan 70 °C) ditunjukkan dalam Rajah 2. Bagi pengeringan daun *E. foetidum* menggunakan ketuهار pada suhu 30 °C, proses pengeringan memerlukan masa selama enam jam untuk mencapai kandungan lembapan akhir 5.64% wb. Pengeringan pada suhu 50 °C telah mengambil masa tiga jam untuk menurunkan kandungan lembapan 84.22 kepada 3.02% wb. Manakala pada 70 °C, proses pengeringan telah mengambil masa selama dua jam untuk mencapai kandungan lembapan 2.24% wb. Kandungan lembapan akhir bagi ketiga-tiga suhu ini adalah tidak berbeza secara signifikan ( $p > 0.05$ ) berbanding dengan kandungan lembapan sebelumnya. Hal ini disebabkan

kandungan lembapan dalam *E. foetidum* mencapai tahap malar seperti yang berlaku dalam pengeringan ketuهار gelombang mikro.

Tempoh pengeringan bagi daun *E. foetidum* dapat dikurangkan dengan peningkatan suhu menggunakan ketuهار. Berdasarkan Rajah 2, tempoh pengeringan dapat dikurangkan sebanyak 66.67% wb pada suhu 70 °C dan sebanyak 16.67% wb pada suhu 50 °C berbanding dengan pengeringan ketuهار pada suhu 30 °C. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Arslan dan Özcan (2010) dalam penyelidikan yang mengkaji kesan pengeringan matahari, ketuهار dan ketuهار gelombang mikro terhadap bawang. Kadar pengeringan adalah lebih tinggi pada permulaan proses pengeringan dan menurun dengan peningkatan masa. Hal ini adalah disebabkan lebih banyak tenaga diserap oleh air pada permukaan produk pada mulanya, mengakibatkan pengeringan berlaku dengan lebih cepat. Kemudian, permukaan produk menjadi semakin kering, penyerapan haba melalui lapisan kering menurun dan menyebabkan kadar pengeringan menjadi pendek.

Proses pengeringan daun *E. foetidum* di bawah cahaya matahari pula mengambil masa selama lima jam untuk menurunkan kandungan lembapan daripada 84.22 kepada 5.60% wb. Hal ini menunjukkan tempoh masa yang lebih panjang diperlukan untuk mengeringkan



<sup>a-f</sup> Abjad berbeza menunjukkan perbezaan signifikan masa pengeringan ( $p < 0.05$ )

RAJAH 2. Lengkung pengeringan bagi daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan matahari dan ketuhar pada suhu berbeza

sampel di bawah cahaya matahari (julat suhu 28 antara 32 °C) berbanding dengan pengeringan ketuhar pada suhu 70 dan 50 °C. Berdasarkan Özcan et al. (2005), suhu persekitaran yang tidak seragam sepanjang proses pengeringan boleh menyebabkan masa pengeringan menjadi lebih panjang. Selain itu, pengeringan matahari adalah sangat bergantung kepada kehadiran cahaya matahari, serangga dan kulat yang aktif dalam keadaan lembap boleh menyebabkan produk menjadi rosak (Fudholi et al. 2014).

#### PERBANDINGAN TEMPOH PENGERINGAN BAGI KAEDAH PENGERINGAN BERBEZA

Berdasarkan Jadual 1, proses pengeringan daun *E. foetidum* dengan menggunakan ketuhar gelombang mikro pada kuasa output 800 W memerlukan masa yang paling pendek berbanding dengan kaedah pengeringan yang lain.

JADUAL 1. Tempoh pengeringan dan kandungan lembapan pada daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan kaedah pengeringan berbeza

Kaedah pengeringan	Tempoh pengeringan	Kandungan lembapan (% wb)
Daun <i>E. foetidum</i> segar (kawalan)	-	84.22 ± 5.28
Ketuhar gelombang mikro 800 W	2.5 min	3.84 ± 1.44
Ketuhar gelombang mikro 300 W	4.5 min	4.33 ± 1.37
Ketuhar 30 °C	6 jam	5.64 ± 1.39
Ketuhar 50 °C	3 jam	3.02 ± 0.88
Ketuhar 70 °C	2 jam	2.24 ± 0.82
Matahari	5 jam	5.60 ± 0.88

Pengeringan ketuhar pada suhu 30 °C pula menggunakan masa yang paling panjang untuk mencapai kandungan lembapan yang kurang daripada 7% wb. Hal ini menunjukkan kaedah ketuhar gelombang mikro merupakan kaedah pengeringan yang paling berkesan untuk mengurangkan kandungan lembapan. Kaedah ini juga lebih menjimatkan dari segi masa dan kos. Berbanding dengan kaedah pengeringan lain, pengeringan ketuhar gelombang dapat memberikan tenaga secara seragam dan penyerapan haba pada kadar yang tinggi ke bahagian dalam produk makanan. Hal ini menyebabkan masa pengeringan dapat dikurangkan dan menjimatkan tenaga (Özbek & Dadali 2007). Kaedah pengeringan matahari pula memerlukan masa yang lebih panjang berbanding dengan pengeringan ketuhar pada suhu 70 dan 50 °C dan amat bergantung kepada keadaan cuaca. Keadaan cuaca yang tidak menentu boleh mempengaruhi kualiti produk makanan. Justeru, dalam kajian ini, pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro merupakan kaedah yang berkesan dan sesuai untuk pengeringan daun *E. foetidum*.

#### PENENTUAN JUMLAH KANDUNGAN FENOL (TPC) DALAM DAUN *E. foetidum*

Kandungan fenol dalam daun segar dan daun kering *E. foetidum* ditunjukkan pada Jadual 2. Dalam pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 100:0, kandungan fenol ekstrak *E. foetidum* dengan pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro, ketuhar pada suhu 30 °C dan matahari adalah tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding daun segar (kawalan). Bagi pengekstrakan menggunakan pelarut dengan nisbah 50:50 pula, pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro dan ketuhar pada suhu 50 °C memberikan kandungan fenol yang lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) jika dibandingkan dengan pengeringan yang lain. Berdasarkan Jaiswal et al. (2010), enzim polifenol oksida (PPO) adalah tidak stabil dalam haba, hanya boleh dinyahaktifkan pada suhu 80 °C ke atas. Kemerosotan kandungan komponen fenol di dalam tumbuhan dipengaruhi oleh kehadiran enzim polifenol oksida (Ghasemzadeh et al. 2016). Pada suhu rendah (di bawah 80 °C) enzim ini berada dalam keadaan yang aktif untuk mengoksidakan kompaun fenol seterusnya menyebabkan kandungan fenol menjadi rendah. Berdasarkan keputusan jelas menunjukkan pengeringan menggunakan ketuhar 70 °C mempunyai kandungan fenol yang lebih rendah secara

signifikan berbanding pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro dan pengeringan matahari.

Bagi pengekstrakan menggunakan pelarut dengan nisbah 0:100, kandungan fenol yang paling tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) didapati dalam pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro berbanding kaedah pengeringan yang lain. Pengeringan ketuhar gelombang mikro yang menggunakan prinsip penyerapan tenaga gelombang mikro oleh molekul air adalah lebih cekap dari segi tenaga berbanding dengan pengeringan konvensional dan boleh menyahaktifkan enzim degradasi dengan lebih cepat (Lim & Murtijaya 2007). Namun begitu, perbezaan jumlah watt (800 dan 300 W) tidak memberikan perbezaan signifikan ( $p > 0.05$ ) terhadap kandungan fenol.

Dalam ketiga-tiga pelarut ini, pengekstrakan daripada daun segar *E. foetidum* mempunyai kandungan fenol yang paling rendah ( $p < 0.05$ ). Hal ini membuktikan proses pengeringan dapat meningkatkan kandungan fenol dalam daun *E. foetidum*. Menurut Hossain et al. (2010), proses pengeringan mungkin menyebabkan tisu daun menjadi lebih rapuh, seterusnya menggalakkan pembebasan lebih banyak sebatian fenol semasa proses pengekstrakan. Menurut Lin et al. (2012), dalam proses pengeringan, enzim aktif seperti polifenol oksidase (PPO) dan peroksidase (POD) tidak aktif disebabkan penurunan aktiviti air dalam sampel. Pembebasan enzim aktif ini boleh menyebabkan degradasi enzim dan kehilangan sebatian fenol.

Jumlah kandungan fenol dalam tumbuhan juga dipengaruhi oleh keterlarutan sebatian fenol dalam pelarut yang digunakan untuk proses pengekstrakan. Polariti pelarut juga memainkan peranan utama dalam meningkatkan keterlarutan sebatian fenol (Naczka & Shahidi 2006). Pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 dan 0:100 memberikan kandungan fenol yang lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding dengan pelarut dengan nisbah 100:0 dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan menggunakan ketuhar gelombang mikro 800, 300 W dan ketuhar 70 °C. Menurut Zhang et al. (2018), keberkesanan proses pengekstrakan pelarut meningkat apabila polariti kandungan zat terlarut hampir sama dengan polariti pelarut yang digunakan ketika pengekstrakan. Justeru, hasil kajian ini menunjukkan bahawa kaedah pengeringan ketuhar gelombang mikro dan pelarut etanol:air 50:50 dan 0:100 adalah sesuai untuk pengekstrakan sebatian fenol daripada daun *E. foetidum*.

JADUAL 2. Kandungan fenol dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan kaedah pengeringan berbeza

	Kandungan fenol, mg GAE/g		
	100:0	50:50	0:100
Daun <i>E. foetidum</i> segar (kawalan)	2.35 ± 0.33 <sup>Da</sup>	2.00 ± 0.20 <sup>Da</sup>	0.68 ± 0.17 <sup>Db</sup>
Ketuhar gelombang mikro 800 W	11.67 ± 1.69 <sup>Ab</sup>	28.97 ± 7.02 <sup>Aa</sup>	26.95 ± 7.03 <sup>Aa</sup>
Ketuhar gelombang mikro 300 W	8.12 ± 1.89 <sup>ABb</sup>	21.13 ± 2.93 <sup>ABa</sup>	21.67 ± 1.85 <sup>ABa</sup>
Ketuhar 70 °C	3.46 ± 0.77 <sup>CDb</sup>	6.86 ± 1.20 <sup>CDa</sup>	6.94 ± 1.70 <sup>CDa</sup>
Ketuhar 50 °C	7.15 ± 1.24 <sup>BCd</sup>	19.59 ± 4.07 <sup>ABa</sup>	14.59 ± 4.44 <sup>BCab</sup>
Ketuhar 30 °C	7.08 ± 3.02 <sup>ABb</sup>	16.38 ± 3.40 <sup>BCa</sup>	11.97 ± 0.73 <sup>Cab</sup>
Matahari	8.15 ± 1.34 <sup>ABc</sup>	18.23 ± 0.79 <sup>Ba</sup>	12.64 ± 1.05 <sup>BCb</sup>

<sup>A-D</sup> Abjad berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara kaedah pengeringan ( $p < 0.05$ )

<sup>a-c</sup> Abjad berbeza pada baris yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara nisbah pelarut ( $p < 0.05$ ) Nisbah pelarut etanol: air (100:0, 50:50, 0:100)

#### PENENTUAN AKTIVITI ANTIOKSIDA DALAM DAUN *E. foetidum*

##### UJIAN PEMERANGKAPAN RADIKAL BEBAS

Jadual 3 menunjukkan nilai DPPH dalam daun *E. foetidum* segar dan kering. Berdasarkan pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 100:0, nilai DPPH dalam pengeringan menggunakan ketuhar

gelombang mikro, ketuhar pada suhu 30 °C dan matahari adalah tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding kaedah pengeringan yang lain. Keadaan ini adalah selari dengan keputusan kandungan fenol dalam pengekstrakan menggunakan pelarut dengan nisbah etanol:air (100:0). Hasil kajian ini menunjukkan perkaitan antara kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi dalam daun *E. foetidum*.

JADUAL 3. Aktiviti antioksidasi (DPPH) dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan kaedah pengeringan berbeza

	DPPH, mg AEAC/g		
	100:0	50:50	0:100
Daun <i>E. foetidum</i> segar (kawalan)	2.26 ± 0.74 <sup>Cab</sup>	2.57 ± 0.59 <sup>Ca</sup>	0.98 ± 0.53 <sup>Cb</sup>
Ketuhar gelombang mikro 800 W	8.82 ± 0.16 <sup>Aa</sup>	9.10 ± 0.06 <sup>Aa</sup>	6.25 ± 0.58 <sup>ABb</sup>
Ketuhar gelombang mikro 300 W	7.14 ± 1.16 <sup>ABab</sup>	9.19 ± 0.11 <sup>Aa</sup>	6.76 ± 1.20 <sup>Ab</sup>
Ketuhar 70 °C	2.25 ± 0.34 <sup>Cb</sup>	6.96 ± 0.56 <sup>Ba</sup>	3.53 ± 1.18 <sup>BCb</sup>
Ketuhar 50 °C	5.20 ± 0.62 <sup>Bb</sup>	9.01 ± 0.02 <sup>Aa</sup>	6.62 ± 0.69 <sup>Ab</sup>
Ketuhar 30 °C	7.08 ± 0.33 <sup>Aa</sup>	8.91 ± 0.11 <sup>Aa</sup>	5.65 ± 1.21 <sup>ABb</sup>
Matahari	6.82 ± 1.06 <sup>ABab</sup>	8.83 ± 0.26 <sup>Aa</sup>	6.09 ± 1.37 <sup>ABb</sup>

<sup>A-D</sup> Abjad berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara kaedah pengeringan ( $p < 0.05$ )

<sup>a-c</sup> Abjad berbeza pada baris yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara nisbah pelarut ( $p < 0.05$ ) Nisbah pelarut etanol: air (100:0, 50:50, 0:100)

Bagi pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 dan 0:100, pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro, ketuhar

pada suhu 50 dan 30 °C serta matahari memberikan kandungan fenol yang lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) jika dibandingkan dengan daun segar. Dalam



kajian Katsube et al. (2009) terhadap daun mulberi, nilai DPPH dalam tumbuhan tersebut mengalami peningkatan yang sedikit pada suhu 60 °C atau ke bawah, tetapi aktiviti antioksidasi berkurangan dengan ketara pada suhu 70 °C atau ke atas. Hal ini disebabkan oleh berlakunya degradasi haba.

Pengeringan ketuhar pada 70 °C menghasilkan aktiviti antioksidasi yang rendah secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding kesemua kaedah pengeringan bagi nisbah etanol:air (100:0 dan 50:50). Hal ini bertepatan dengan kajian Miranda et al. (2009) terhadap biji benih quinoa menunjukkan aktiviti antioksidasinya adalah lebih tinggi pada suhu 40 dan 50 °C jika dibandingkan dengan suhu 70 °C. Menurut beliau, DPPH boleh dikaitkan dengan penghasilan atau pengumpulan sebatian antioksidasi berbeza dan mempunyai darjah aktiviti antioksidasi yang berbeza serta kesan antagonis.

Dalam ketiga-tiga jenis pelarut, nilai DPPH daun segar *E. foetidum* adalah rendah secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding dengan daun *E. foetidum* yang telah dikeringkan dengan kaedah lain kecuali pengeringan ketuhar suhu 70 °C. Hal ini menunjukkan aktiviti antioksidasi daun *E. foetidum* dapat dipertingkatkan oleh proses pengeringan. Menurut Tomaino et al. (2005), kaedah pemprosesan boleh mempengaruhi aktiviti antioksidasi dengan menggalakkan pembentukan sebatian baru yang mempunyai sifat antioksidasi. Hal ini boleh menyebabkan aktiviti antioksidasi keseluruhan dalam tumbuhan kekal tidak berubah atau meningkat. Selain itu, tindak balas redoks yang berlaku antara sebatian antioksidasi semula jadi dalam tumbuhan serta antara sebatian antioksidasi dengan produk pengoksidaan lipid boleh menghasilkan kesan terhadap sifat antioksidasi dan kestabilan makanan. Ini dibuktikan dalam kajian ini kerana daun segar *E. foetidum* mempunyai aktiviti antioksidasi yang rendah, tetapi boleh ditingkatkan melalui kaedah pengeringan yang berbeza.

Aktiviti antioksidasi ekstrak tumbuhan juga bergantung pada jenis dan polariti pelarut pengekstrakan (Ismail et al. 2004). Dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan menggunakan ketuhar gelombang mikro 800 W dan ketuhar pada suhu 30 °C, pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 100:0 dan 50:50 memberikan nilai DPPH yang lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding dengan pelarut dengan nisbah 0:100. Berdasarkan Spigno et al. (2007), etanol merupakan sejenis pelarut polar yang berkesan untuk mengekstrak flavonoid dan tanin daripada tumbuhan dan keterlarutan sebatian ini boleh dipertingkatkan

menggunakan pelarut campuran. Keadaan ini telah dibuktikan dalam kajian ini kerana pelarut etanol:air dengan nisbah 100:0 dan 50:50 adalah berkesan untuk mengekstrak sebatian antioksidasi.

Bagi daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan pengeringan ketuhar gelombang mikro 300 W dan matahari, nilai DPPH dalam pengekstrakan menggunakan pelarut yang bernisbah 50:50 adalah lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding dengan 0:100. Daun *E. foetidum* yang dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu 70 dan 50 °C pula menunjukkan nilai DPPH yang lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding pelarut lain pada nisbah etanol:air (50:50). Menurut Ouchemoukh et al. (2012), aktiviti antioksidasi boleh dikaitkan dengan jumlah sebatian fenol dalam sampel tersebut. Sampel yang berbeza akan menunjukkan kapasiti untuk memerangkap radikal DPPH yang berbeza secara ketara.

#### UJIAN PENURUNAN KUASA FERIK

Jadual 4 menunjukkan nilai FRAP dalam daun *E. foetidum* segar dan kering. Dalam pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air dengan nisbah 100:0 dan 50:50, nilai FRAP dalam pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro 800 W adalah lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding kaedah pengeringan yang lain. Bagi pengekstrakan menggunakan pelarut etanol:air yang bernisbah 0:100 pula, pengeringan menggunakan ketuhar gelombang mikro pada kedua-dua kuasa output memberikan nilai FRAP yang tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding dengan kaedah pengeringan lain.

Berdasarkan kajian Dewanto et al. (2002), peningkatan jumlah aktiviti antioksidasi dalam tomato yang mengalami proses haba boleh dijelaskan oleh jumlah likopin yang meningkat (sebatian fitokimia utama dalam tomato) dan sebatian fitokimia lain yang dihasilkan dalam pemprosesan haba pada suhu 88 °C. Peningkatan dalam sebatian antioksidasi selepas proses haba juga dilaporkan dalam cendawan shiitake (Choi et al. 2006) dan ginseng (Kang et al. 2006). Chan et al. (2009) juga bersetuju dengan hasil kajian ini. Menurut beliau, kaedah pengeringan yang berbeza mampu memberikan kesan yang berbeza terhadap kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi. Kesan tersebut termasuklah tiada atau menyebabkan sedikit perubahan, berlaku peningkatan atau pengurangan secara signifikan terhadap sifat antioksidasi.

JADUAL 4. Aktiviti antioksidasi (FRAP) dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan kaedah pengeringan berbeza

	FRAP ( $\mu\text{mol Fe(II)/g}$ )		
	100:0	50:50	0:100
Daun <i>E. foetidum</i> segar (kawalan)	26.61 $\pm$ 3.77 <sup>Da</sup>	16.63 $\pm$ 2.32 <sup>Db</sup>	4.85 $\pm$ 3.98 <sup>Cc</sup>
Ketuhar gelombang mikro 800 W	171.76 $\pm$ 23.60 <sup>Ac</sup>	472.72 $\pm$ 61.70 <sup>Aa</sup>	317.67 $\pm$ 54.67 <sup>Ab</sup>
Ketuhar gelombang mikro 300 W	114.74 $\pm$ 28.90 <sup>Bb</sup>	329.98 $\pm$ 41.47 <sup>Ba</sup>	232.76 $\pm$ 57.13 <sup>Aa</sup>
Ketuhar 70 °C	43.14 $\pm$ 4.90 <sup>CDa</sup>	52.99 $\pm$ 9.68 <sup>Da</sup>	42.49 $\pm$ 2.34 <sup>BCa</sup>
Ketuhar 50 °C	86.22 $\pm$ 10.98 <sup>BCb</sup>	244.52 $\pm$ 46.30 <sup>BCa</sup>	98.19 $\pm$ 17.56 <sup>Bb</sup>
Ketuhar 30 °C	108.89 $\pm$ 6.84 <sup>Bab</sup>	161.64 $\pm$ 49.05 <sup>Ca</sup>	71.68 $\pm$ 11.96 <sup>BCb</sup>
Matahari	99.36 $\pm$ 21.33 <sup>Bb</sup>	221.86 $\pm$ 10.50 <sup>Ca</sup>	85.46 $\pm$ 22.90 <sup>BCb</sup>

<sup>A-D</sup> Abjad berbeza pada lajur yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara kaedah pengeringan ( $p < 0.05$ )

<sup>a-c</sup> Abjad berbeza pada baris yang sama menunjukkan perbezaan signifikan antara nisbah pelarut ( $p < 0.05$ ) Nisbah pelarut etanol: air (100:0, 50:50, 0:100)

Dalam ketiga-tiga nisbah pelarut, kaedah pengeringan (kecuali pengeringan ketuhar 70 °C) memberi kesan terhadap antioksidasi yang tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) jika dibandingkan dengan daun *E. foetidum* segar. Keadaan yang sama juga berlaku pada jumlah kandungan fenol dan nilai DPPH dalam *E. foetidum*. Menurut Zhang et al. (2010), tindak balas Maillard dikaitkan dengan pembentukan sebatian antioksidasi. Dalam proses pengeringan, sebatian yang terhasil akibat tindak balas Maillard tidak menyebabkan penurunan sebenar jumlah fenol, sebaliknya boleh meningkatkan jumlah fenol kerana sebatian ini bertindak balas dengan reagen Folin–Ciocalteu.

Dalam pengekstrakan daun *E. foetidum* yang dikeringkan menggunakan ketuhar gelombang mikro 300 W, pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 dan 0:100 memberikan nilai FRAP yang signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding 100:0. Bagi pengeringan matahari dan ketuhar pada suhu 50 °C, pengekstrakan menggunakan pelarut yang bernisbah 50:50 adalah lebih tinggi secara signifikan ( $p < 0.05$ ) berbanding pelarut lain. Namun begitu, daun *E. foetidum* yang dikeringkan menggunakan ketuhar pada suhu 30 °C dengan pelarut yang bernisbah 50:50 menghasilkan nilai FRAP yang lebih tinggi secara signifikan berbanding dengan 0:100. Oleh itu, dapat disimpulkan bahawa pelarut etanol:air dengan nisbah 50:50 adalah sesuai untuk mengekstrak sebatian antioksidasi daripada ekstrak tumbuhan yang telah melalui proses pengeringan.

Berdasarkan Lapornik et al. (2005), metanol menunjukkan ciri yang lebih baik sebagai pelarut berbanding etanol, tetapi perbezaannya tidak besar. Oleh yang demikian, etanol ialah pelarut yang lebih sesuai untuk penggunaan dalam industri makanan. Jika dibandingkan dengan air, metanol dan etanol lebih cekap dalam penembusan sel dinding serta mempunyai ciri tidak polar atau separa polar dan menyebabkan sebatian fitokimia dan polifenol dapat dikeluarkan daripada sel. Walau bagaimanapun, campuran etanol dan air adalah lebih sesuai dalam pengekstrakan sebatian antioksidasi dalam kajian ini disebabkan ekstrak tumbuhan yang dikaji terdiri daripada sebatian polar.

#### KORELASI BAGI KAEDAH PENGERINGAN YANG BERBEZA TERHADAP KANDUNGAN FENOL DAN AKTIVITI ANTIOKSIDA DAUN *E. foetidum*

Jadual 5 menunjukkan nilai korelasi Pearson antara kandungan fenol dan aktiviti antioksidasi daun *E. foetidum* dengan kaedah pengeringan berbeza. Keputusan menunjukkan terdapat nilai korelasi positif yang tinggi antara TPC dan FRAP iaitu  $r = 0.907$  bagi sampel yang dikeringkan dengan ketuhar gelombang mikro pada 800 W. Pada 300 W pula, korelasi positif berlaku antara TPC dengan FRAP iaitu  $r = 0.876$  dan DPPH dengan FRAP iaitu  $r = 0.749$ .

JADUAL 5. Korelasi Pearson bagi kaedah pengeringan berbeza bagi daun *E. foetidum* antara kandungan fenol dengan aktiviti antioksidasi

Kaedah pengeringan	Kandungan fenol (TPC)		DPPH
	DPPH	FRAP	FRAP
Daun <i>E. foetidum</i> segar	0.926	0.962	0.787
Ketuhar gelombang mikro 800 W	-0.323	0.907	0.105
Ketuhar gelombang mikro 300 W	0.337	0.876	0.749
Ketuhar 70 °C	0.695	0.433	0.949
Ketuhar 50 °C	0.962	0.843	0.957
Ketuhar 30 °C	0.307	0.559	0.961
Matahari	0.752	0.851	0.986

Nilai r dianalisis dengan ujian Korelasi Pearson menggunakan Minitab versi 17.0

\*Signifikan pada  $p < 0.05$

Bagi pengeringan ketuhar pada suhu iaitu 70 dan 30 °C, didapati DPPH adalah berkorelasi positif dengan FRAP dengan nilai  $r = 0.949$  dan  $r = 0.961$ . Pada suhu 50 °C pula, terdapat nilai korelasi positif antara TPC dengan DPPH, TPC dengan FRAP dan DPPH dengan FRAP iaitu  $r = 0.962$ ,  $r = 0.843$  dan  $r = 0.957$  masing-masing. Bagi pengeringan matahari pula, terdapat nilai korelasi positif antara TPC dengan DPPH, TPC dengan FRAP dan DPPH dengan FRAP iaitu  $r = 0.752$ ,  $r = 0.851$  dan  $r = 0.986$  masing-masing. Walau bagaimanapun, nilai korelasi antara TPC, DPPH dengan FRAP adalah tidak signifikan ( $p > 0.05$ ) bagi kaedah pengeringan. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan hubungan korelasi antara TPC, DPPH dengan FRAP adalah sangat lemah.

#### KESIMPULAN

Pengeringan ketuhar gelombang mikro memberikan kandungan fenol yang paling tinggi. Aktiviti antioksidasi FRAP yang paling tinggi ditunjukkan dalam daun *E. foetidum* yang dikeringkan dengan ketuhar gelombang mikro pada kuasa output 800 W. Manakala kaedah pengeringan daun *E. foetidum* menggunakan ketuhar gelombang mikro, ketuhar (30 dan 50 °C) dan matahari menunjukkan aktiviti antioksidasi DPPH paling tinggi. Bagi kesan nisbah pelarut pula, pelarut etanol:air 50:50 dan 0:100 menunjukkan nilai TPC<sup>1</sup> yang tinggi terhadap daun *E. foetidum*. Pelarut etanol:air pada nisbah 50:50 menunjukkan aktiviti antioksidasi yang tinggi bagi daun *E. foetidum* menggunakan kaedah DPPH dan FRAP.

#### PENGHARGAAN

Kajian ini dibiayai oleh Geran Universiti Penyelidikan dengan kod GUP-2018-080. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Jabatan Sains Makanan, Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia untuk kemudahan makmal yang disediakan.

#### RUJUKAN

- Alibas, I. 2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Biosystems Engineering* 96(4): 495-502.
- Arabshahi-Delouee, S. & Urooj, A. 2007. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. *Food Chemistry* 102(4): 1233-1240.
- Arslan, D. & Özcan, M.M. 2010. Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT - Food Science and Technology* 43(7): 1121-1127.
- Benzie, I.F. & Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239(1): 70-76.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M. & Corke, H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences* 74(17): 2157-2184.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, S.K., Lim, K.K., Tan, S.P., Lianto, F.S. & Yong, M.Y. 2009. Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food Chemistry* 113(1): 166-172.
- Choi, Y., Lee, S.M., Chun, J., Lee, H.B. & Lee, J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chemistry* 99(2): 381-387.

- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K.K. & Liu, R.H. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 50(10): 3010-3014.
- Fu, B.A., Chen, M.Q. & Song, J.J. 2017. Investigation on the microwave drying kinetics and pumping phenomenon of lignite spheres. *Applied Thermal Engineering* 124: 371-380.
- Fudholi, A., Sopian, K., Othman, M.Y. & Ruslan, M.H. 2014. Energy and exergy analyses of solar drying system of red seaweed. *Energy and Buildings* 68: 121-129.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z.E. & Rahmat, A. 2016. Variation of the phytochemical constituents and antioxidant activities of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade associated with different drying methods and polyphenol oxidase activity. *Molecules* 21(6): 780.
- Hossain, M.B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A.B. & Brunton, N.P. 2010. Effect of drying method on the antioxidant capacity of six *Lamiaceae* herbs. *Food Chemistry* 123(1): 85-91.
- Ismail, A., Marjan, Z.M. & Foong, C.W. 2004. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chemistry* 87(4): 581-586.
- Jaiswal, V., DerMarderosian, A. & Porter, J.R. 2010. Anthocyanins and polyphenol oxidase from dried arils of pomegranate (*Punica granatum* L.). *Food Chemistry* 118(1): 11-16.
- Jayaraman, K.S. & Das Gupta, D.K. 1995. Drying of fruits and vegetables. Dlm. *Handbook of Industrial Drying*. Edisi ke-2. Jilid 1, edited by Mujumdar, A.S. New York: Marcel Dekke.
- Kang, K.S., Kim, H.Y., Pyo, J.S. & Yokozawa, T. 2006. Increase in the free radical scavenging activity of ginseng by heat-processing. *Biological and Pharmaceutical Bulletin* 29(4): 750-754.
- Karabulut, I., Turan, S., Vural, H. & Kayahan, M. 2007. Human milk fat substitute produced by enzymatic interesterification of vegetable oil blend. *Food Technol. Biotechnol.* 45(4): 434-438.
- Katsube, T., Tsurunaga, Y., Sugiyama, M., Furuno, T. & Yamasaki, Y. 2009. Effect of air-drying temperature on antioxidant capacity and stability of polyphenolic compounds in mulberry (*Morus alba* L.) leaves. *Food Chem.* 113: 964-969.
- Lapornik, B., Prošek, M. & Wondra, A.G. 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. *Journal of Food Engineering* 71(2): 214-222.
- Lim, S.J., Wan Aida, W.M., Maskat, M.Y., Mamot, S., Ropien, J. & Mazita Mohd, D. 2014. Isolation and antioxidant capacity of fucoidan from selected Malaysian seaweeds. *Food Hydrocolloids* 42(Part 2): 280-288.
- Lim, Y.Y. & Murtijaya, J. 2007. Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods. *LWT - Food Science and Technology* 40(9): 1664-1669.
- Lin, L.Z., Lei, F.F., Sun, D.W., Dong, Y., Yang, B. & Zhao, M.M. 2012. Thermal inactivation kinetics of *Rabdosia serra* (Maxim) Hara leaf peroxidase and polyphenol oxidase and comparative evaluation of drying methods on leaf phenolic profile and bioactivities. *Food Chemistry* 134(4): 2021-2029.
- Malik, T., Pandey, D.K., Roy, P. & Okram, A. 2016. Evaluation of phytochemicals, antioxidant, antibacterial and antidiabetic potential of *Alpinia galanga* and *Eryngium foetidum* plants of Manipur (India). *Pharmacognosy Journal* 8(5): 459-464.
- Mehta, D., Prasad, P., Bansal, V., Siddiqui, M.W. & Sharma, A. 2017. Effect of drying techniques and treatment with blanching on the physicochemical analysis of bitter-gourd and capsicum. *LWT - Food Science and Technology* 84: 479-488.
- Miranda, M., Vega-Gálvez, A., López, J., Parada, G., Sanders, M., Aranda, M., Uribe, E. & Di Scala, K. 2009. Impact of air-drying temperature on nutritional properties, total phenolic content and antioxidant capacity of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Industrial Crops and Products* 32(3): 258-263.
- Murugan, R. & Parimelazhagan, T. 2014. Comparative evaluation of different extraction methods for antioxidant and anti-inflammatory properties from *Osbeckia parvifolia* Arn. – an *in vitro* approach. *Journal of King Saud University - Science* 26(4): 267-275.
- Naczki, M. & Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41(5): 1523-1542.
- Ouchemoukh, S., Hachoud, S., Boudraham, H., Mokrani, A. & Louaileche, H. 2012. Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT - Food Science and Technology* 49(2): 329-332.
- Özbek, B. & Dadali, G. 2007. Thin-layer drying characteristics and modelling of mint leaves undergoing microwave treatment. *Journal of Food Engineering* 83(4): 541-549.
- Özcan, M., Arslan, D. & Ünver, A. 2005. Effect of drying methods on the mineral content of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Food Engineering* 69(3): 375-379.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J. & Shahabimajd, N. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology* 5(11): 1142-1145.
- Sabda, S. 2013. *202 Khasiat Herba*. Selangor: Alaf 21 Group Karang Kraf.
- Sagar, V. & Suresh, K.P. 2010. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. *Journal of Food Science and Technology* 47(1): 15-26.
- Sarimeseli, A. 2011. Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves. *Energy Conversion and Management* 52(2): 1449-1453.
- Seremet, L., Botez, E., Nistor, O.-V., Andronoiu, D.G. & Mocanu, G.-D. 2016. Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry* 1956: 104-109.

- Shyur, L.F., Tsung, J.H., Chen, J.H., Chiu, C.Y. & Lo, C.P. 2005. Antioxidant properties of extracts from medicinal plants popularly used in Taiwan. *International Journal of Applied Science and Engineering* 3(3): 195-202.
- Soysal, Y. & Öztekin, S. 2001. Technical and economic performance of a tray dryer for medicinal and aromatic plants. *Journal of Agricultural Engineering Research* 79(1): 73-79.
- Soysal, Y. 2004. Microwave drying characteristics of parsley. *Biosystems Engineering* 89(2): 167-173.
- Spigno, G., Tramelli, L. & De Faveri, D.M. 2007. Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering* 81(1): 200-208.
- Tomaino, A., Cimino, F., Zimbalatti, V., Venuti, V., Sulfaro, V., De Pasquale, A. & Saija, A. 2005. Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food Chemistry* 89(4): 549-554.
- Wang, Z., Sun, J., Chen, F., Liao, X. & Hu, X. 2007. Mathematical modelling on thin layer microwave drying of apple pomace with and without hot air pre-drying. *Journal of Food Engineering* 80(2): 536-544.
- Zhang, M., Chen, H., Li, J., Pei, Y. & Liang, Y. 2010. Antioxidant properties of tartary buckwheat extracts as affected by different thermal processing methods. *LWT - Food Science and Technology* 43(1): 181-185.
- Zhang, Q.W., Lin, L.G. & Ya, W.C. 2018. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. *Chinese Medicine* 13(1): 1-26.

\*Pengarang untuk surat-menyurat; email: haslaniza@ukm.edu.my