

摘要

黃豆經研磨成豆漿的製程中會產生約1.2倍的黃豆渣，因其產量大、水分含量高快速腐敗，需乾燥以增加其應用性和經濟價值。本研究之目的為探討較佳的微波乾燥製程，並比較熱風乾燥和冷凍乾燥的黃豆渣品質及抗氧化能力。首先建立1、2和3 kg的黃豆渣和不同微波功率(1、2和3 kW)之乾燥曲線，以3 kW微波乾燥黃豆渣有較快的乾燥速率，分別為36.917、41.004和44.107 g H₂O/min，分別需22.70、39.25和53.80 min完成乾燥，然而使用80°C熱風乾燥和傳統冷凍乾燥分別需要5.5及24 hr。將乾燥黃豆渣磨粉後分別進行95%酒精萃取，後以萃取液進行抗氧化成分(總多酚含量)及抗氧化性質(螯合亞鐵能力、DPPH及還原力)測定。結果顯示三種乾燥方式的類黃酮含量並無明顯差異，皆為0.045 mg/g，多酚含量和DPPH清除自由基能力分別為0.97-1.35 mg/g和10-15%，在還原力為0.12-0.15。色澤測定方面，微波乾燥和冷凍乾燥的明亮度(L*)值為82無明顯差異，且高於熱風乾燥，故微波乾燥可像冷凍乾燥方法保有良好抗氧化能力與明亮度，又可大幅縮短冷凍乾燥所需的時間。

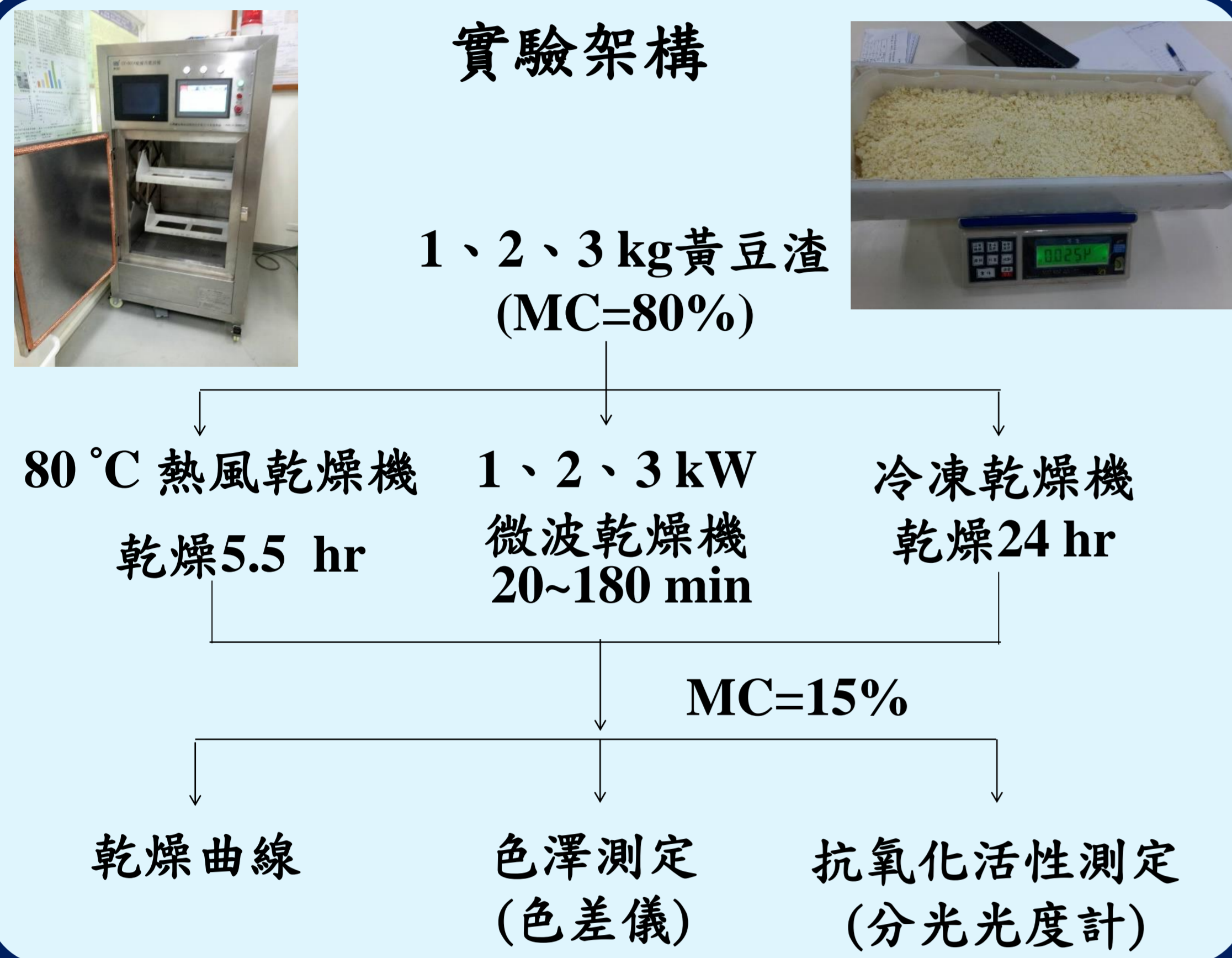
前言

自古以來豆漿就是國人重要的飲品之一，在其製程中剩餘大量的黃豆渣，且水分含量高達80%，容易滋生細菌與微生物，為了後續的儲藏與保存，必須快速乾燥將水分含量乾燥到15%以下。本研究採用2450MHz, 3 kW的吊籃式微波乾燥機，此使極性水分子、離子隨微波震盪電場一起振動，而造成分子間摩擦產生熱能，故可克服傳統熱風乾燥的熱傳阻礙，快速加熱而使被乾燥食品中的水分蒸發，能夠縮短乾燥的時間和節省能源，更提升經濟價值。本研究之目的為探討微波功率與黃豆渣乾燥重量對乾燥速率和豆渣品質的影響。

結果與討論

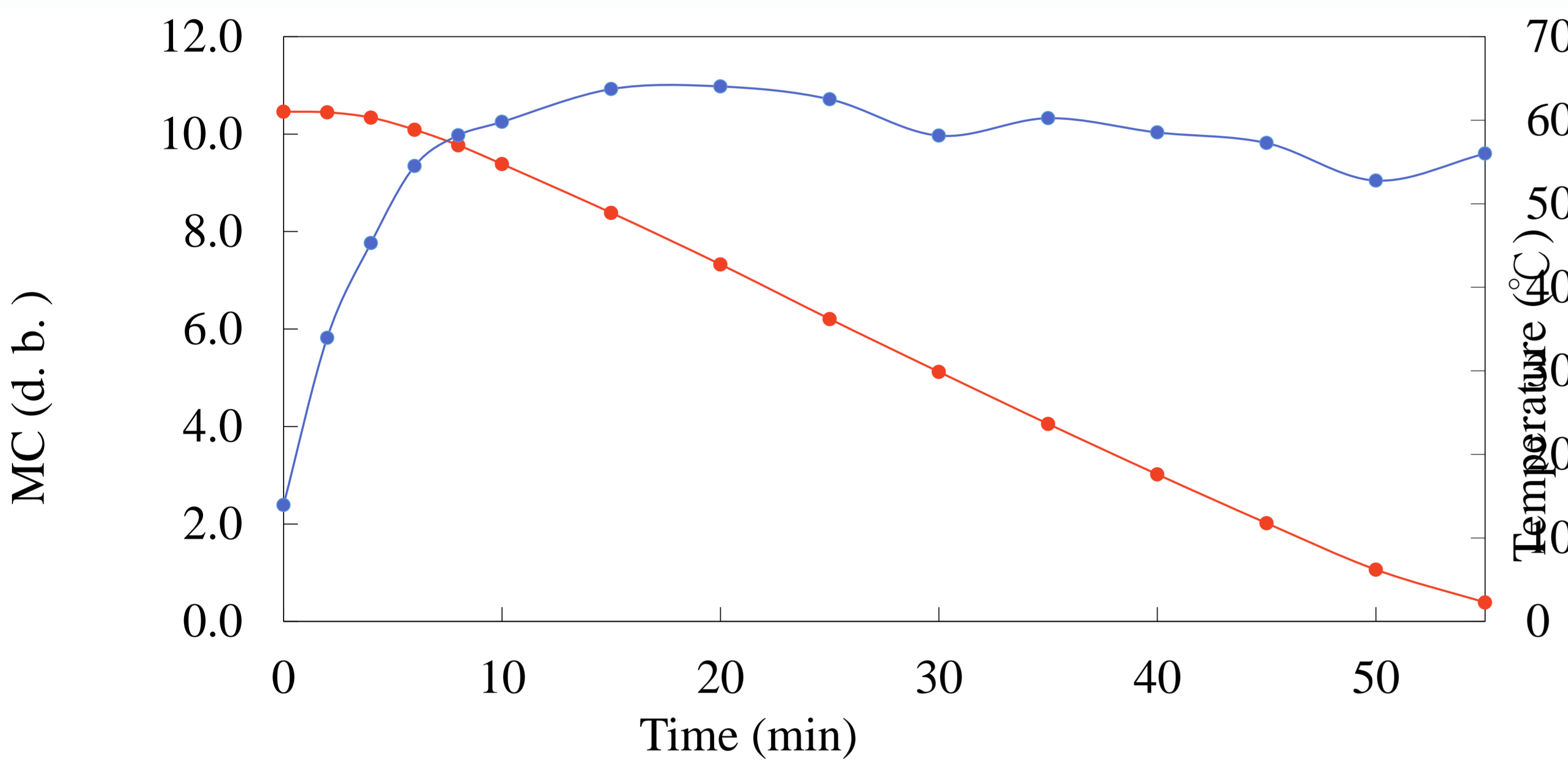
由表一可知，使用1和2 kW微波乾燥1、2和3 kg豆渣之速率約為13和28 g/min，但以3 kW微波乾燥3 kg豆渣速率最快，最為省時，由圖一可看出其微波乾燥曲線及升溫情形。圖二為1 kg在不同微波功率下重量變化的情形。圖三為微波乾燥在不同重量下在相同功率下的相關性，可看出在相同功率下的乾燥時間成線性(R²=0.99)，又以3 kW斜率為最大。圖四為每公斤輸出的微波功率及乾燥時間的關係，在固定的微波功率下進行乾燥，增加裝載量可以提升乾燥速率；另外固定裝載量下，增加微波功率，可以縮短乾燥時間，然而考量乾燥效率，在相同的1 kW/kg下，乾燥時間以3 kW乾燥3 kg黃豆渣的58.3 min最為快速。在抗氧化分析方面，表二的結果顯示三種乾燥方式的類黃酮含量並無明顯差異，皆約為0.045 mg/g DW，在多酚含量和DPPH清除自由基能力分別為0.97-1.35 mg/g DW和10-15%，在還原力為0.12-0.15。在顏色分析方面，微波乾燥和冷凍乾燥黃豆渣粉的明亮度(L*)值為82，無明顯差異，且它們高於熱風乾燥的明亮度(L*)值為80，故微波乾燥黃豆渣可像冷凍乾燥一樣具有良好抗氧化性與明亮度，又大幅縮短乾燥所需的時間。

實驗架構

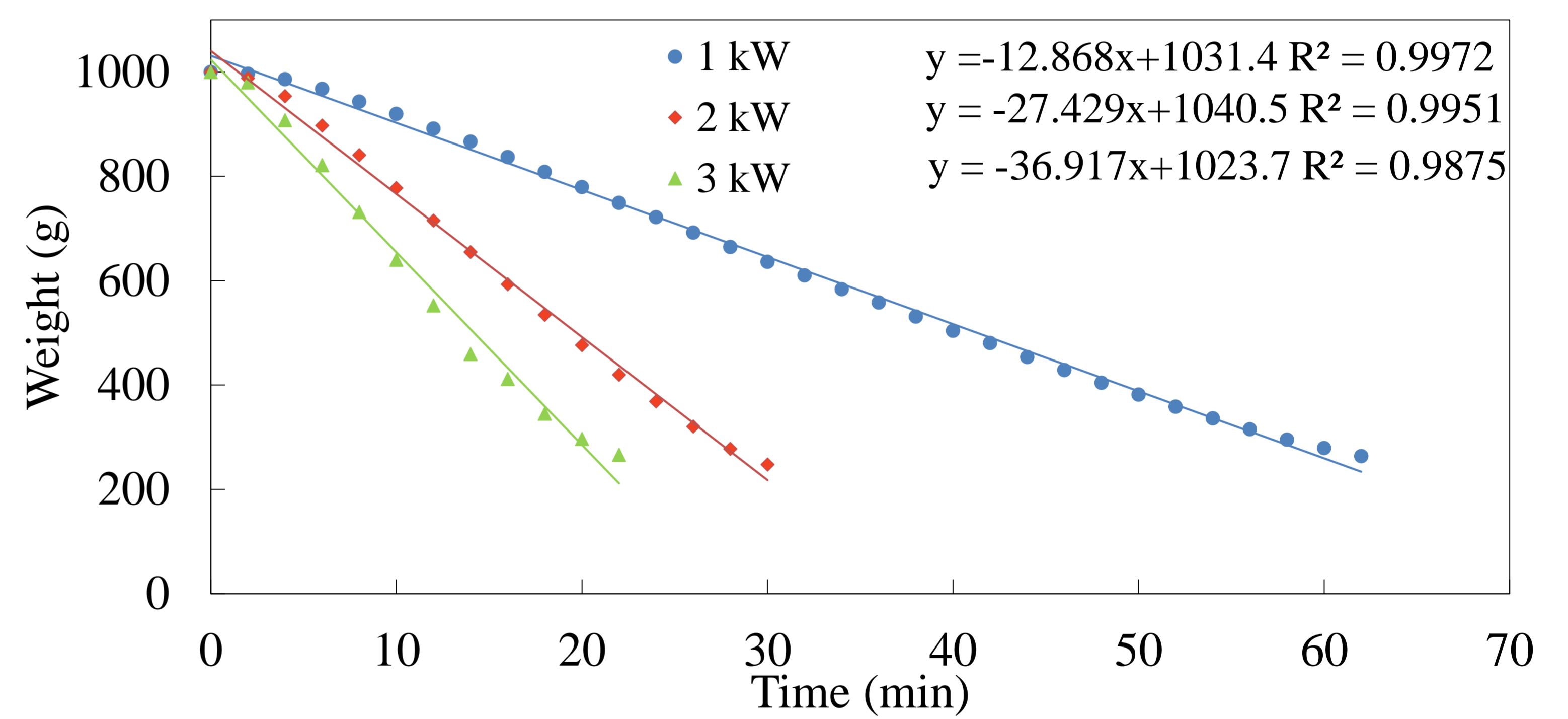


表一、微波功率對不同重量黃豆渣乾燥曲線及乾燥時間、乾燥速率的影響

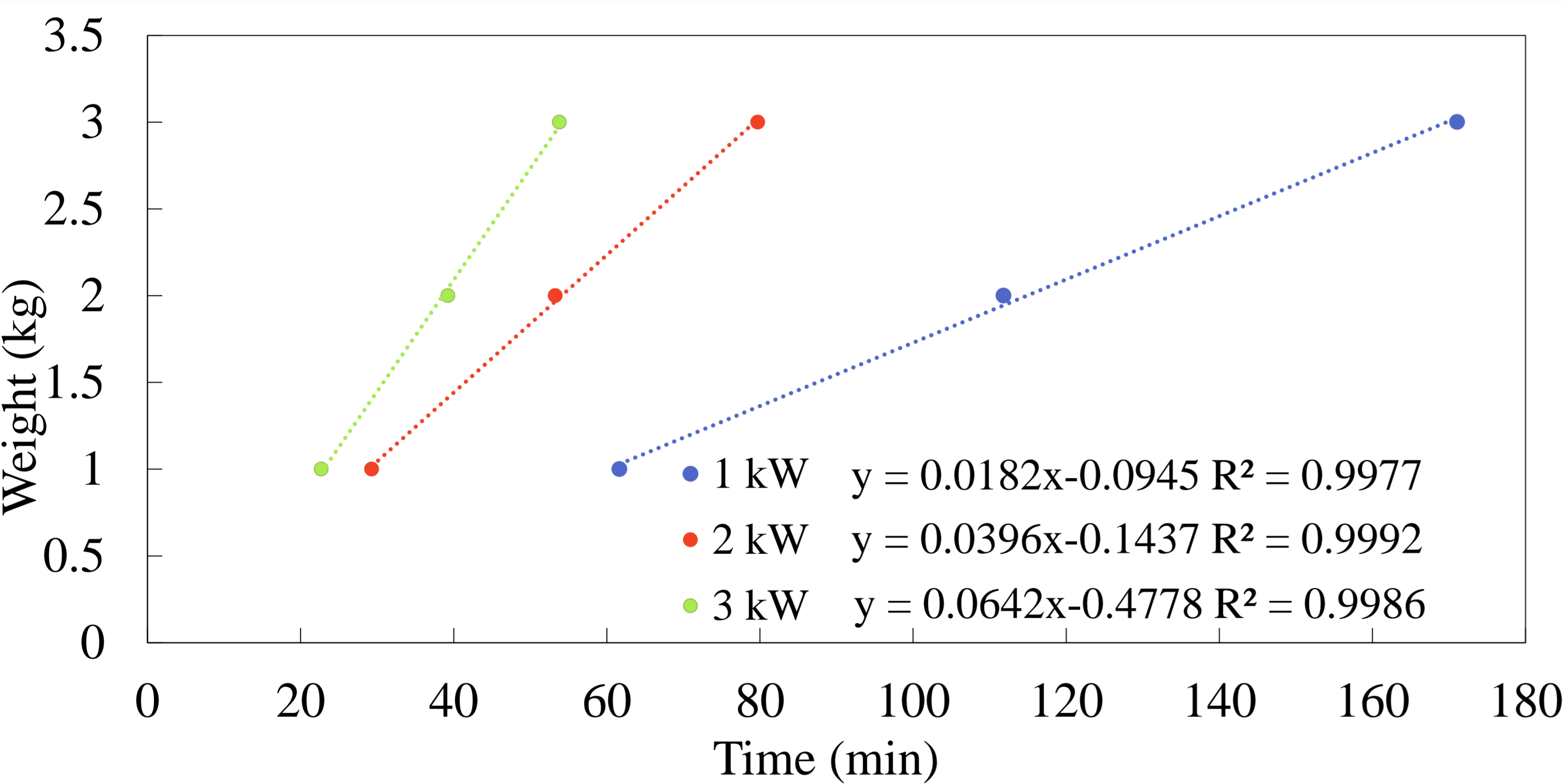
Microwave power (kW)	Weight (kg)	Linear regression equation	R ²	Drying rate (g/min)	Drying time (min)
1	1	y = -12.868x + 1031.4	0.9972	12.868	61.66
	2	y = -13.741x + 2031.7	0.9988	13.741	111.82
	3	y = -13.538x + 3071.5	0.9993	13.538	171.08
2	1	y = -27.429x + 1040.5	0.9951	27.429	29.29
	2	y = -28.995x + 2064.4	0.9978	28.995	53.26
	3	y = -29.177x + 3129	0.9968	29.177	79.71
3	1	y = -36.917x + 1023.7	0.9875	36.917	22.70
	2	y = -41.004x + 2109	0.9949	41.004	39.25
	3	y = -44.107x + 3140.3	0.9954	44.107	53.80



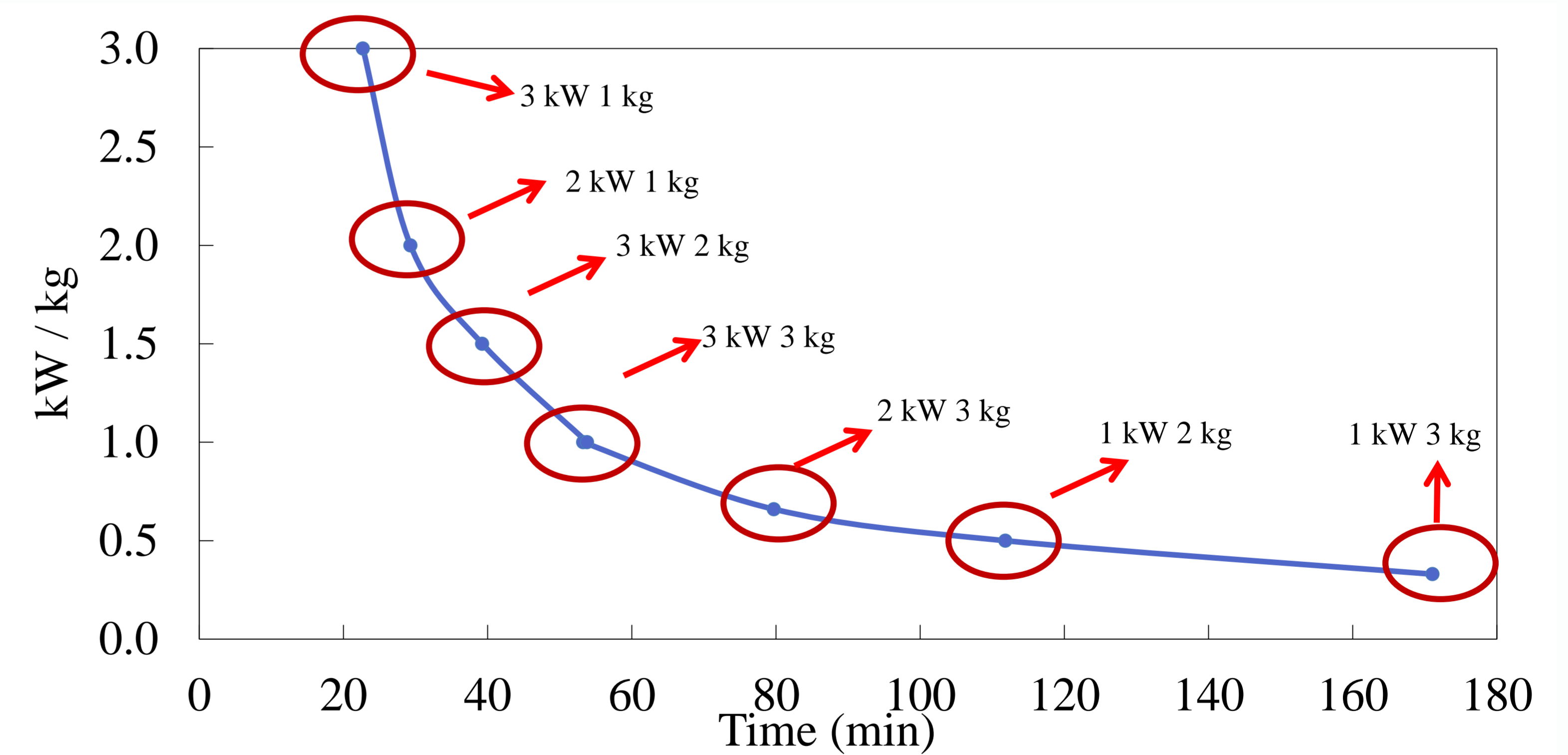
圖一、3 kW 微波乾燥 3 kg 黃豆渣的升溫曲線及乾基水分含量變化。



圖二、不同功率(1、2、3 kW)微波乾燥1 kg黃豆渣的乾燥曲線。



圖三、不同功率(1、2、3kW)微波乾燥不同重量的黃豆渣和乾燥時間相關性。



圖四、微波輸出功率和乾燥時間的關係。

表二、不同乾燥方式的黃豆渣之抗氧化測定與顏色分析

Drying	Total polyphenols (mg/g)	Flavonoids (mg/g)	Scavenging DPPH free radicals (%)	Reducing power	L*	a*	b*
Hot-air	0.973±0.024 ^b	0.0460±0.0003 ^a	10.37±0.53 ^b	0.126±0.005 ^b	80.48±0.36 ^b	3.25±0.08 ^a	25.36±0.30 ^a
Microwave	0.969±0.005 ^b	0.0450±0.0004 ^a	11.15±1.53 ^b	0.150±0.001 ^a	82.90±0.58 ^a	2.90±0.11 ^b	23.72±0.21 ^b
Freeze	1.350±0.023 ^a	0.0468±0.0005 ^a	15.24±0.62 ^a	0.150±0.002 ^a	82.73±0.50 ^a	3.04±0.20 ^b	22.21±0.67 ^c

^{a-f} Means within each row with followed by different letters are significantly different (P<0.05). Data are expressed as mean ± S.D. (n=3).

結論

在相同微波功率下，不論以多少重量的黃豆渣進行微波乾燥之乾燥曲線呈現線性關係，其中以3 kg 3 kW微波乾燥速度最快，總共只需53.8 min便可乾燥完全，相較於其他乾燥方法能以較少時間乾燥完成，且得到的較好的產品顏色及品質。