

東海大學食品科學系碩士班
Master of Food Science
Tunghai University

食品科技組
Food Technology Section

以噴霧乾燥機製備不同條件之芝麻油粉末對品質的
影響

The effect of different conditions on the quality of
sesame oil powder prepared by spray dryer

游佳茵
Jia-Yin, You

指導教授：邱致穎 博士
Advisor: Jhih-ying Ciou, Ph.D.

中華民國一百零六年十二月
Dec, 2017

碩士論文指導教授推薦書

食品科學系碩士班食品科技組 游佳茵 君所提之論文

以噴霧乾燥機製備不同條件之芝麻油粉末對品質的
影響

The effect of different conditions on the quality of sesame
oil powder prepared by spray dryer

係由本人指導撰述，同意提付審查

此致

食品科學系系主任

符詒光

指導教授

邱亞穎

中華民國一零六年十二月二十二日

碩士論文考試委員審定書

食品科學系碩士班食品科技組 游佳茵 君所提之論文

以噴霧乾燥機製備不同條件之芝麻油粉末對品質的
影響

The effect of different conditions on the quality of sesame
oil powder prepared by spray dryer

經本委員會審定通過，特此證明。

論文考試委員會

委員：

侯張仁

國立高雄海洋科技大學水產食品科學系助理教授

吳嘉立

長青油脂工業股份有限公司廠長

梁志弘

東海大學食品科學系副教授

指導教授：邱永穎

中華民國一零六年十二月二十二日

致謝

首先感謝恩師 邱致穎博士於進入研究室開始，除了給予研究上的提點、指教及論文撰寫建議與後續的審閱及斧正外，在研究所生涯中更多的是教導我們社會上的做人處事與處理事情的方法及態度，時常他如同一位前輩或是朋友一般，讓我們能在與他對等進行討論並給予我們尊重，對這樣的教授，我深感敬佩及感謝，謝謝老師讓我有這麼收益良多的研究所生活。

實驗期間感謝邱致穎老師引薦莊朝琪老師指導我如何使用噴霧乾燥機，讓我順利渡過摸不著頭緒的那段期間並感謝儀器商李世唐先生總是從高雄上來，把一台破銅爛鐵，維修成可以用的噴霧乾燥機，且在機器每次出問題的時候，遠道而來幫我搶救機器。另外，感謝系上王琴女士、陳淑渝助教、林怡君助教、洪敏純助教及系上所有教授，總是不吝嗇關心及叮嚀我，並提供協助及經驗。

論文初成之際，承蒙梁志弘博士、侯智耀博士與吳崇立廠長逾百忙之中逐字詳加審閱，指正疏漏，並於口試時給予諸多指導及提供許多寶貴意見，使論文可以更加完善。特別再感謝吳廠長提供實驗原料除了促成這篇研究的產生也使其順利完成。

研究所的生活中，感謝胡予捷學姊提供我各種幫助，並在我求救的時候，總是不吝嗇的火速提供我協助及給我各種建議。張萬宇學長於實驗上儀器的使用教學及討論。研究室中，感謝陪我一起拓荒實驗室新創期的永遠大學長豪哥、任勞任怨同學的琮霖還有實驗室的學弟妹們，顏值擔當承彥、可愛的如紘、跟我一起踏進研究室的好戰友映臣及佳臻、網美可莉還有諸多專題生們，讓我有愉快且吵鬧的實驗室生活，我會懷念在實驗室煮飯吃飯還有一起唱歌爆笑的日子，希望邱家實驗室會一直這樣高調浮誇下去。另外感謝其他研究室的同學及學妹，在研究生涯中並肩作戰、互相扶持度過難關，彼此激勵、歡笑及各種方面得成長，讓這些年來的日子有了許多值得回味的時光。

最後感謝的是我的家人，謝謝他們無條件的支持、相信，還有我的牡羊座好夥伴小黃在口試當天特地遠道而來提供我實質及心靈上的協助，男友喜仙總是在身邊給予關心，提醒我吃飯跟睡覺，並隨時提供任何他可以做到的幫助。

此論文獻給所有在我目前生涯中給予我鼓勵及幫助的所有人，也願將這份喜悅分享給大家。

游佳茵誌於

東海大學食品科學系研究所科技組

中華民國一百零六年一月



摘要

芝麻油為普遍使用的調味油，常與大豆油調和製成香油提供不同的使用功能，然由於其特性與其它油脂不同，故發展及應用空間易受限制。故本次研究以麥芽糊精(Maltodextrin；MD)及羥丙基甲基纖維素(Hydroxypropyl methylcellulose；HPMC)作為壁材，透過噴霧乾燥方式製備芝麻油粉末油脂(Sesame oil powder)，希藉由油脂粉末化以增進其應用性。另市售已有芝麻油粉末油脂的產品，但回溶後香氣常不足，故此類產品使用會受到限制，所以擬透過油脂添加量(7.5、10、12.5%)及與大豆油調和濃度(20、40、60、80、100%)的調控，探討適合現代食品產業使用之芝麻油粉。實驗結果顯示，產率範圍為 54.85-68.79%，不同條件下並不會產生顯著性的變化；水分含量隨著油脂添加濃度增加而有顯著性下降趨勢，添加油濃度 7.5%及 12.5%時芝麻油的調和比例變化沒有產生顯著性的影響；但添加 10%時，發現隨芝麻油調和比例增加，水分含量亦逐漸增加(4.02-5.87%)，芝麻粉末油脂的水活性介於 0.536~0.661，隨油脂的添加濃度及調和芝麻油濃度增加，水活性下降較顯著。油脂含量在添加 7.5%的油脂時，會隨調和濃度上升而有顯著性的增加(39.11-44.11%)，並隨油脂添加量增加，粉末中的油脂含量會顯著的增加；保油率除調和濃度 80%之外，其餘的組別皆會隨著油脂添加量增加而顯著性的上升，並且僅在 7.5%的組別，保油率會隨著調和濃度增加，產生顯著性的上升(84.22-93.07%)；表面油脂量當油脂添加量增加，在各調和濃度下表面油脂量皆顯著性的增加，但油添加量的部分，僅有 7.5%的組別，隨調和濃度增加，表面油脂量顯著性的減少(30.50-24.79%)；包覆率則在油添加量 7.5%時，會隨著調和濃度增加，產生顯著性的增加(23.59-43.78%)，並在調和濃度 80、100%，隨油脂添加量增加顯著性的下降；鬆散假密度及緊密假密度，皆會在油的添加濃度增加的同時有顯著性的上升，但隨著芝麻油調和濃度增加產生顯著性下降；粉體黏性指標(Hausner ratio；

HR)介於 1.4-1.45；溶解度會隨添加油濃度上升而顯著性減少，並僅在添加 10%的油時會發現隨著芝麻油的調和比例增加溶解度發生顯著性的上升；此外 25°C相比 90°C的水溫下溶解除了油添加濃度 7.5%的芝麻油調和濃度 40、60 及 100%與油添加濃度 10%的芝麻油調和濃度 100%的組別有顯著上升外，其餘對溶解度沒有顯著性的差異；較高的添加油濃度會使粉末吸濕性顯著性降低，但調和芝麻油濃度並不會對其造成顯著性差異；表面型態觀察看出調和濃度及油脂添加量提高，會使粉體顏色加深，此外每種粉末都發現結塊的情形；過氧化值在噴霧乾燥製成完成後，除了調和濃度 20%之外，其餘的組別當油脂添加量由 7.5%增加到 12.5%時便會顯著性的上升，並隨調和濃度增加而顯著性的上升，經過 25°C及 60°C的 7 天保存後，所有組別皆隨著調和濃度的增加，過氧化值顯著性的提高，此外除了 25°C保存下芝麻油調和濃度 40%的組別外，其餘組別皆隨著油脂添加量的增加而有顯著性的上升。結果顯示，相比於在相同儲存環境下的控制組後發現保護狀態不佳；感官品評的結果表示較高調和濃度可以得到整體及風味較高的喜好度，並且被評斷出具有較為強烈的芝麻味，而添加 12.5%的調和 20%的組別則顯著的具有較強烈的油耗味。依照上述結果得知，以目前設定條件下製作粉末油脂，具有較低的水活性、水分含量、吸濕性可使產品品質更為穩定，此外不論在冷水及熱水中皆有良好的溶解度，可增加產品應用度的範圍。

關鍵字:芝麻油、粉末油脂、微膠囊化、乳化製備、噴霧乾燥

Abstract

Sesame oil is a commonly used condiment oil, and it blend with soybean oil to produce blended sesame oil regularly. However, sesame oil has constrained development and application due to the different characteristic with other condiment oil. This research try to improve extensibility and applicability by using spray dried sesame oil powder which use MD and HPMC as wall material. Although there already has some product of sesame oil powder in the market, but most of them has insufficient flavor when it dissolved in water. To find the most suitable usage in modern food industry, this experiment controls the amount of oil added in 7.5, 10, 12.5 % and sesame oil blending ratio in 20, 40, 60, 80, 100 %. The results showed that the drying yield is in 55.07 to 68.79 % range, the production decreased as amount of oil increased, and it had no significant difference by using different emulsifier. The moisture content also decreased by the amount of oil added. However by adding 10 % of oil, the moisture content is increased (4.28 to 5.87 %) and the sesame oil blending ratio increased, the water activity is in 0.541 to 0.661 range, it decreased by amount of oil added, and sesame oil blending ratio increased. The result indicated that if the oil contents sets in between 7.5 and 12.5 %, it had no significant difference. In 7.5 % of oil added, the oil content is increased from 39.11 to 44.11 %, and sesame oil blending ratio increased by the amount of oil added. The surface oil content increased by the amount of oil added, and only in 7.5 % of oil added, it decrease significantly between 30.50 to 24.79 % but sesame oil blending ratio increase; the encapsulation efficiency is increased from 23.59 to 43.78 % when sesame oil blending ratio increase. Furthermore, in 80 and 100 % of sesame oil blending ratio, it decreased significantly by the amount of oil added.

Aerated and tapped bulk density are increased significantly by amount of oil added, but decreased significantly by sesame oil blending ratio decreased. The hausner ratio is in between 1.4 to 1.45. Compared with temperature in 25°C and 90°C, and the solubility is increased significantly only in 7.5 % of oil added with 40, 60, 100 % of sesame oil blending ratio. The hygroscopicity is increased by the amount of oil added, but it has no significant difference with sesame oil blending ratio. In the appearance, this research observes that the color of powder became deeper by the amount of oil added and sesame oil blending ratio increase, also, all of them were caking. After spray drying process finished, except in 20 % of blending oil ratio, the POV is increased significantly by the amount of oil added. After storage 7 days with in 25°C and 60°C, except in 40 % of blending oil ratio with 25°C, the POV is increased significantly by the amount of oil added. As result, compare with control sample in the same environment, the powder has poor preservation. The Concentration result showed that high sesame oil blending ratio can earn better favor and recognized with strong sesame flavor. However in the 12.5 % of oil added and 20 % of sesame oil blending ratio, the result shown poor concentration because of rancid flavor oil. Based on the result above, the powder has better quality with the research setting of lower water content, water activity and hygroscopicity. Besides, it has good solubility in both heat and cold water this indicated the high extensibility and applicability as well.

Keywords: Sesame oil , Oil powder , Microencapsulation ,
Emulsion properties , Spray drying

目錄

	頁次
1. 前言	1
2. 文獻回顧	2
2.1 芝麻油	2
2.1.1 芝麻油簡介與營養價值	2
2.1.2 芝麻油之香氣來源	2
2.1.3 芝麻油的應用與發展	5
2.2 微膠囊包覆技術	13
2.2.1 定義與用途	14
2.2.2 實驗壁材料介紹	18
2.2.2.1 麥芽糊精	21
2.2.2.2 羥丙基甲基纖維素	23
2.3 噴霧乾燥之簡介	23
2.3.1 噴霧乾燥機之流程介紹	25
2.3.1.1 進料溶液霧化	25
2.3.1.2 霧化液滴與熱空氣混合	28
2.3.1.3 乾燥粉體與空氣分離及粉末收集	29
2.3.2 噴霧乾燥機參數說明	30
2.3.2.1 空氣壓力	30
2.3.2.2 空氣流速	30
2.3.2.3 進料流速	31
2.3.2.4 入口溫度	31
2.3.2.5 液料濃度	32
2.3.3 以噴霧乾燥法製作微膠囊粉末油脂	32
3. 實驗目的	35
4. 實驗設計	35

5. 材料方法	41
5.1 實驗材料	41
5.1.1 實驗原料	41
5.1.2 實驗藥品	41
5.2 實驗設備	42
5.3 樣品製備	44
5.3.1 壁材料配置	44
5.3.2 調和油配置	44
5.3.3 乳化液配置	44
5.3.4 噴霧乾燥	44
5.4 芝麻油乳化液黏度分析	44
5.5 粉體物性分析	45
5.5.1 產率分析	45
5.5.2 水分含量分析	45
5.5.3 水活性測定	45
5.5.4 油脂含量、保油率、表面油脂量、包覆率	45
5.5.5 鬆散假密度、緊密假密度及黏性指標	47
5.5.6 溶解度	48
5.5.7 吸濕性	48
5.6 表面型態觀察	49
5.7 化性分析	49
5.7.1 油脂過氧化價測定	49
5.8 感官品評分析	50
5.8.1 喜好度分析	50
5.8.2 強度分析	50
5.9 統計分析	52
6. 結果與討論	53

6.1 物性分析	53
6.1.1 不同調和濃度及油添加量之產率結果.....	53
6.1.2 不同調和濃度及油添加量之水分含量結果.....	56
6.1.3 不同調和濃度及油添加量之水活性結果.....	56
6.1.4 不同調和濃度及油添加量之油脂含量、保油率、表面油 脂量、包覆率結果	59
6.1.5 不同調和濃度及油添加量之鬆散假密度、緊密假密度、 黏性指標結果	72
6.1.6 不同調和濃度及油添加量之溶解度結果.....	76
6.1.7 不同調和濃度及油添加量之吸濕性結果.....	84
6.2 不同調和濃度及油添加量之表面型態觀察.....	84
6.3 化性分析	88
6.3.1 不同調和濃度及油添加量之油脂過氧化價結果	88
6.4 感官品評分析	96
6.4.1 不同調和濃度及油添加量之感官品評喜好度結果	96
6.4.2 不同調和濃度及油添加量之感官品評強度結果	98
7. 結論.....	100
8. 參考文獻.....	102
附錄 1、芝麻油粉感官品評喜好度問卷.....	118
附錄 2、芝麻油粉感官品評強度問卷.....	119

表目錄

	頁次
表 2-1、芝麻油的脂肪酸組成(占總脂肪酸的%)	3
表 2-2、芝麻油揮發性成分化學組成表及相對含量.....	6
表 2-3、芝麻油中主要成份所提供之風味	10
表 2-4、世界不同芝麻及芝麻油產量	11
表 2-5、台灣 2016 年芝麻生產概況.....	12
表 2-6、不同類型的微膠囊	17
表 2-7、微膠囊製備的材料依照化學結構分類	19
表 2-8、微膠囊製備的材料依照來源分類	20
表 2-9 不同霧化器的作用原理.....	27
表 4-1、以噴霧乾燥法製備微膠囊粉末油脂之最佳條件文獻條件整理	37
表 6-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末產率之影響	54
表 6-2、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水分含量之影響 ...	57
表 6-3、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水活性之影響	60
表 6-4、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末油脂含量之影響 ...	63
表 6-5、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末保油率之影響	65
表 6-6、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面油脂含量之影響	67
表 6-7、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末包覆率之影響	69
表 6-8、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末鬆散假密度之影響	74
表 6-9、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末緊密假密度之影響	77
表 6-10、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末黏性指標之影響 .	79
表 6-11、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末溶解度之影響	81
表 6-12、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末吸濕性之影響	85
表 6-13、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面型態之影響 .	87

表 6-14-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響	89
表 6-14-2、芝麻油與大豆油在不同保存環境下過氧化價結果.....	91
表 6-15、芝麻油粉感官品評之喜好度結果.....	97
表 6-16、芝麻油粉感官品評之強度結果.....	99



圖目錄

	頁次
圖 2-1、芝麻素、芝麻林素和生育酚結構	4
圖 2-2、微膠囊的基本構造	15
圖 2-3、不同類型的微膠囊	16
圖 2-4、麥芽糊精化學結構	22
圖 2-5、羥丙基甲基纖維素化學結構	24
圖 2-6、噴霧乾燥原理圖及影響產品品質之因素	26
圖 4-1、實驗架構	36
圖 4-2、超過 12.5% 的添加量產生油脂浮出情形	40
圖 5-1、實驗所使用之噴霧乾燥系統 Spray drying GB-22 型	43
圖 5-2、感官品評供應配置	51
圖 6-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末產率之影響	55
圖 6-2、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水分含量之影響 ...	58
圖 6-3、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水活性之影響	61
圖 6-4、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末油脂含量之影響 ...	64
圖 6-5、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末保油率之影響	66
圖 6-6、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面油脂含量之影響	68
圖 6-7、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末包覆率之影響 ...	6870
圖 6-8、粉末顆粒縮皺及破裂情形	71
圖 6-9、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末鬆散假密度之影響	75
圖 6-10、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末緊密假密度之影響	78
圖 6-11、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末黏性指標之影響	780
圖 6-12、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末在 25°C 水溫下溶解 度之影響	82

圖 6-13、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末在 90 °C 水溫下溶解度之影響	83
圖 6-14、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末吸濕性之影響	86
圖 6-15、在第一天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響	92
圖 6-16、在 25°C 儲存七天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響	93
圖 6-17、在 60°C 儲存七天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響	94



1. 前言

芝麻油是以芝麻做為原料提煉出來的植物性油脂，其除了具有特殊風味之外，也有極高的營養價值，亞洲人認為是適合食用的油脂及健康食品，芝麻油雖含有大約 85% 的不飽和脂肪酸，但其穩定性高不容易被氧化，因為其中含有已被證實具抗氧化功效的物質木質素及生育酚，並可抑制老化的因子作用(劉，2005)。因此具有這麼高營養價值的芝麻油成為華人地區普遍習慣使用的進補和調味油，藉由與大豆油進行調和可以製成香油，相較於燉補用的芝麻油，香油較適合清炒或少量的添加進料理中增加香氣及色澤，所以在華人較多的地區或國家對芝麻油有較大的需求量，芝麻油也為台灣各類食用油脂中出口數量最大且穩定的油脂(陳，2003；吳，2017)。但也因為其可用於烹調的特性與其它油脂有所不同，所以與其它油脂的市場也有所區隔，不容易會被取代，但也因此限制了它的發展及應用空間。

食品工業在油脂加工上目前有兩個策略，使油脂在加工、運輸及儲存過程中減少劣化。其一為將天然或合成的抗氧化劑摻入油中使油脂氧化發生的程度最小化，其二為將油脂的微膠囊化，以防止其與包括氧氣、熱量、水分和光線在內的環境因子直接接觸，發生氧化降解反應(Timilsena *et al.*, 2017)。因此透過噴霧乾燥微膠囊化的方式將油脂經由乳化包覆、霧化、乾燥等程序達到包覆及微膠囊化的效果。藉由微膠囊化以增進油脂運送之便利性、使用方便性、保存穩定性及更豐富的應用性，此外市售已有芝麻油粉末油脂的產品，但有回溶後香氣不足之問題，希望能夠進一步了解不同的油脂添加量及與大豆油的調和濃度製程之芝麻油粉末多種物性及化性，再藉由感官品評的評估了解製粉狀態及評估其可行性及應用性，製成適合食品產業易使用之芝麻油粉。

2. 文獻回顧

2.1 芝麻油

2.1.1 芝麻油簡介與營養價值

芝麻油是以芝麻做為原料提煉出來的植物性油脂，將精選後的黑芝麻經過清洗、蒸煮後，以 160-190°C 高溫焙炒後進行壓榨、過濾所製成的(張，2008)。亞洲國家，包括中國、日本和韓國等，使用芝麻油作為食用油脂已有很長的歷史了(Kamal *et al.*, 2011)。

芝麻油除了具有特殊風味之外，也有極高的營養價值，被認為是適合食用的油脂及健康食品，甚至可以使用在醫療用途中(劉，2005)。芝麻油含有大約 80% 的不飽和脂肪酸，表 2-1 的文獻結果顯示，油酸和亞油酸為其主要的脂肪酸分別占 44% 及 42%(Maiti *et al.*, 1988; Seegeler, 1983; Godin & Spensley, 1971; Yermanos, 1978)。在植物油中，芝麻油為穩定性高且不容易氧化的油脂之一(Budowski *et al.*, 1950)，因芝麻油中除了含有生育酚外，還含有大約 0.5-1% 的芝麻素(Budowski *et al.*, 1951)及 0.3-0.5% 的芝麻林素(圖 2-1) (Budowski *et al.*, 1950)，這兩種機能性成份具有多種功效，如抗氧化活性(Suja *et al.*, 2004)、抗增殖活性(Yokota *et al.*, 2007)、提高維生素 E 在脂質中的抗氧化活性(Ghafoorunissa & Hemalatha, 2004)、降低膽固醇(Visavadiya & Narasimhacharya, 2008)、增加肝脂肪酸氧化酶活性(Ashakumary *et al.*, 1999)，並具有對缺氧或腦損傷的神經保護等作用(Cheng *et al.*, 2006)。

2.1.2 芝麻油之香氣來源

芝麻油的香氣是很重要的品質指標，藉由 GC-MS 所分析

表 2-1、芝麻油的脂肪酸組成(占總脂肪酸的%)。

Table 2-1. Fatty acids composition of sesame oil (% of total fatty acids).

Fatty acid	Godin and Spensley (1971)	Yermanos (1978)	Seegeler (1983)	Maiti <i>et al.</i> (1988)
Palmitic	7-9	8.3-10.9	8.4-10.3	7.8-9.1
Stearic	4-5	3.4-6.0	4.5-5.8	3.6-4.7
Arachidic	8	-	0.3-0.7	0.4-1.1
Oleic	37-50	32.7-53.9	39.5-43.0	45.3-49.4
Linoleic	37-47	39.3-59.0	41.0-45.0	37.7-41.2

(Maiti *et al.*, 1988; Seegeler, 1983; Godin & Spensley, 1971; Yermanos, 1978)

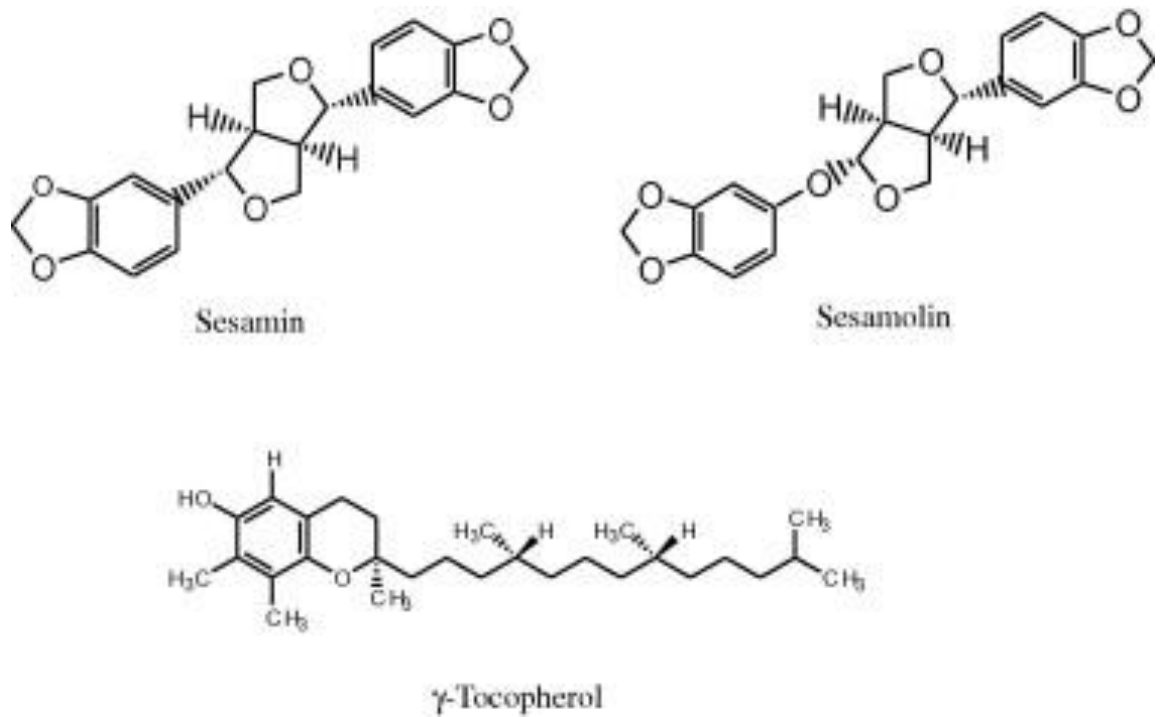


圖 2-1、芝麻素、芝麻林素和生育酚結構。

Fig. 2-1. The structures of sesamin, sesamolin, and γ -tocopherol.

(Rangkadilok *et al.*, 2010)

出的芝麻油揮發性成分之化學組成表及相對含量(表 2-2)，總共可分離鑑定出了 57 種化合物，佔總檢出化合物的 81.66%；結果顯示吡嗪、吡咯、吡啶、噻唑、噻吩、呋喃、酚類及其衍生物為芝麻油揮發性香氣的主要成份，其中提供香氣的主要物質為乙基-5-甲基吡嗪、乙酰呋喃、2-乙酰噻唑和 5-乙基-4-甲基噻唑。表 2-3 為芝麻油中風味主要成份所提供之風味，由表中可以了解到芝麻油的香氣是來自眾多化合物所提供的各種風味來展現的，是一種複雜且複合的香氣，此外這些化合物沸點低，當加熱溫度過高時會揮發，使風味喪失，因此芝麻油不適合用來煎炸(劉，2005；周，2006)。

2.1.3 芝麻油的應用與發展

根據表 2-4 可得知，亞洲是僅次非洲的芝麻及芝麻油生產地區(Islam *et al.*, 2016)，芝麻油也是台灣各類食用油脂中出口數量最大且穩定的油脂(陳等，2003)。具有高營養價值的芝麻油為華人地區普遍習慣使用的進補和調味油；此外，因應市場需求，產生芝麻油與其它種類的油脂進行調和的產品，以提供不同使用層面上的用途，其中與大豆油進行混合為最大宗，香油則為常見的芝麻調和油，相較於燉補用的芝麻油，香油較適合清炒或少量的添加進料理中增加香氣及色澤(吳，2017)。

因為芝麻油使用方法與其他植物油有所不同，所以芝麻油具有一定的市場區隔，不容易被取代，但也反而限制了它的發展及應用空間，因此在市場上的需求波動一直都沒有太大的變化(王等,2001；食品工業發展研究所,2005)。行政院農委會(2016)統計(表 2-5)，台灣芝麻的產量僅 1470 公噸，主要種植地區為台南市，然而台灣的芝麻進口量卻約為 46313 噸，自給率僅 3%，

表 2-2、芝麻油揮發性成分化學組成表及相對含量。

Table 2-2. Chemical composition and relative content of volatile components of sesame oil.

序號	保留時間	百分含量	化合物	相似度
1	1.75	0.56	Ethanol	86
2	2.67	0.02	EthylAcetate	88
3	4.87	0.08	Pyrazine	83
4	7.24	8.78	Pyrazine,methyl-	91
5	8.41	0.19	3-Furanmethanol	94
6	8.73	0.50	2-Furanmethanol	95
7	8.90	0.04	2-Butanone	83
8	9.22	0.06	Pyridine,4-methyl-	91
9	9.32	0.02	Pyridine,3-methyl-	91
10	9.97	0.25	Ethanone,1-(2-furanyl)-	86
11	10.13	15.29	Pyrazine,2,5-dimethyl	87
12	10.41	1.00	Pyrazine,2,3-dimethyl-	91
13	11.17	0.18	Dihydro-3-(2H)-thiophenone	87
14	11.44	0.24	2-Heptena,1(E)-	93

表 2-2、芝麻油揮發性成分化學組成表及相對含量(續)。

Table 2-2. Chemical composition and relative content of volatile components of sesame oil.

序號	保留時間	百分含量	化合物	相似度
15	11.70	0.10	2-Furancarboxaldehyde,5-methyl-	87
16	12.37	0.17	Phenol	90
17	12.81	1.65	Hexanoicacid	83
18	13.02	1.71	Pyrazine,2-ethyl-6-methyl-	91
19	13.13	1.00	Pyrazine,2-ethyl-5-methyl-	94
20	13.23	6.36	Pyrazine,trimethyl-	90
21	13.48	0.28	2-Acetylthiazole	90
22	13.65	1.80	Acetylpyrazine	95
23	13.78	0.43	1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde	83
24	14.04	0.05	Ethanone,1-(2-pyridinyl)-	94
25	14.09	0.07	2-Thiophenemethanol	83
26	14.72	0.03	Pheno,12-methyl-	86
27	14.94	0.18	2(3H)-Furanone,5-ethyl-dihydro-	82
28	15.40	2.66	Ethanone,1-(1H-pyrrol-2-yl)-	94
29	15.71	2.32	Pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl-	95

表 2-2、芝麻油揮發性成分化學組成表及相對含量(續)。

Table 2-2. Chemical composition and relative content of volatile components of sesame oil.

序號	保留時間	百分含量	化合物	相似度
30	15.80	5.49	Pheno,12-methoxy-	97
31	15.92	0.47	Pyrazine,3-ethyl-2,5-dimethyl-	81
32	16.00	0.20	Pyrazine,2,6-diethyl-	83
33	16.88	5.21	1-(6-Methyl-2-pyrazinyl)-1-ethanone	90
34	17.46	0.46	Thiazole,5-ethyl-2,4-dimethyl-	82
35	17.58	0.85	1H-Pyrrole-2-carboxaldehyde,1-methyl-	80
36	1.69	1.43	5H-5-Methyl-6,7-dihydrocyclopentapyazine	91
37	19.46	3.43	Pyridine,2-butyl-	93
38	19.62	0.44	1H-Benzimidazole,2-methyl-	83
39	19.80	0.08	Quinazolin	83
40	20.19	2.54	Benzothiazol	95
41	21.22	0.02	2(3H)-Furanone,5-butylidihydro-	90
42	21.30	1.41	4-Hydroxy-1,8-naphthyridine	80
43	21.79	0.23	4-Methylpyrrolo[1,2-a]pyrazine	90
44	22.20	0.38	Indolizine	87

表 2-2、芝麻油揮發性成分化學組成表及相對含量(續)。

Table 2-2. Chemical composition and relative content of volatile components of sesame oil.

序號	保留時間	百分含量	化合物	相似度
45	22.75	3.15	2-Methoxy-4-vinylphenol	91
46	22.88	7.12	1,3-Benzodioxol-5-ol	95
47	23.13	0.12	2-Benzothiazolamine	80
48	23.40	0.27	Piperonal	94
49	24.23	0.36	2(3H)-Furanone,dihydro-5-pentyl-	84
50	25.12	0.23	Benzonitrile,4-(dimethylamino)-	80
51	26.54	0.09	Pheno,12-methoxy-6-(1-propenyl)-	94
52	27.62	1.20	1,4-Naphthalenediol	91
53	28.17	0.03	ButylatedHydroxytoluene	91
54	28.94	0.13	1,4-Naphthalenediol	93
55	29.17	0.16	1H-2-Benzopyran-1-one,3,4-dihydro-8-hydroxy-3-methyl-[R]-	95
56	30.52	0.11	Benzothiazole,2-(methylthio)-	94
57	33.25	0.03	1H-Indene,2,3-dihydro-1,1,3-trimethyl-3-phenyl-	90

(劉,2005)

表 2-3、芝麻油中主要成份所提供之風味。

Table 2-3. Sesame oil in the main ingredients of the flavor.

化合物	風味
烷基吡嗪	烘烤、堅果香
酚類	木香、煙薰香、乾草香、焦香
烷基吡嗪	堅果香、清香
烷基吡嗪	炒煎香、堅果香、硫臭
吡啶	青香、堅果香

(劉，2005)

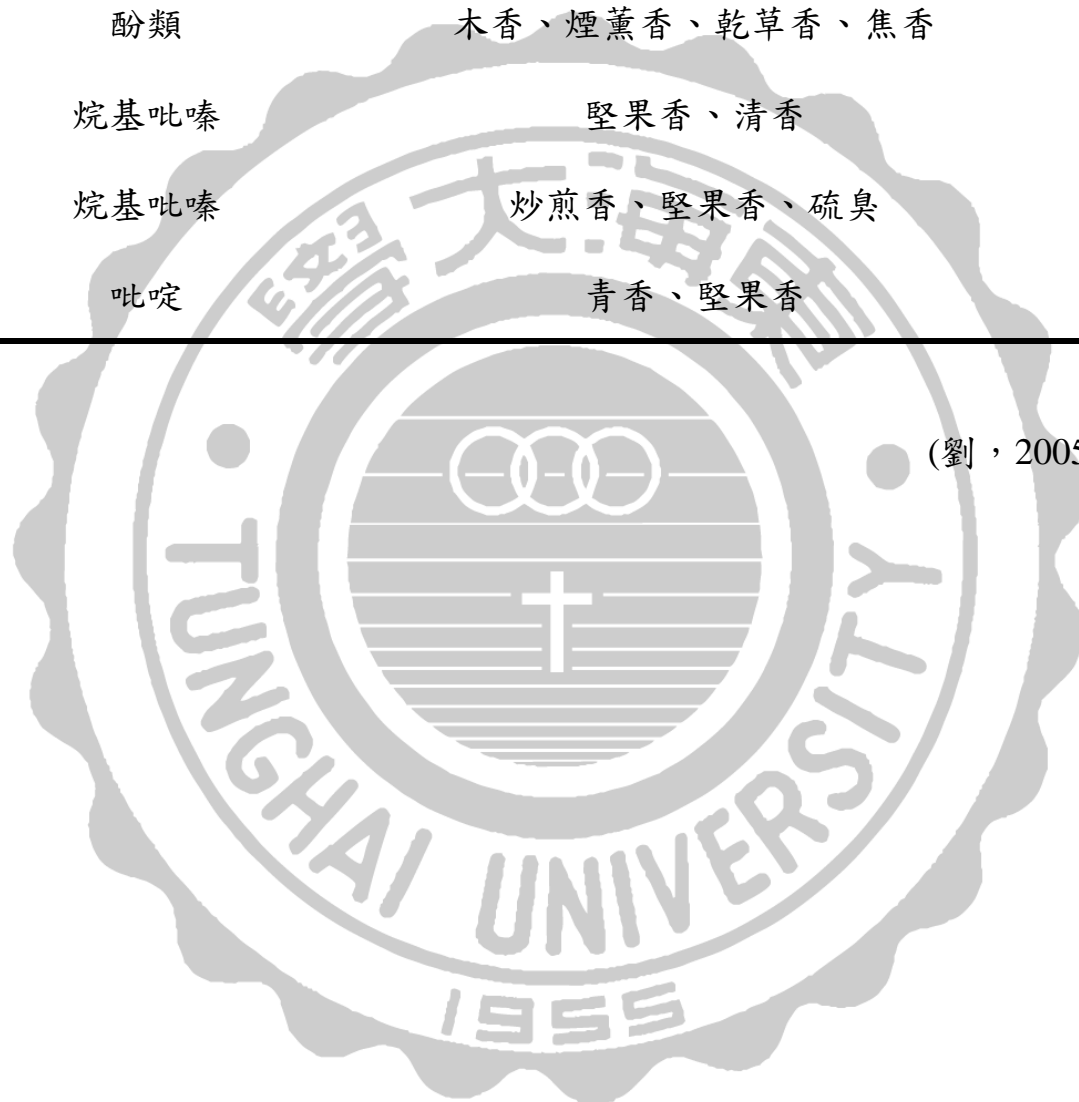


表 2-4、世界不同芝麻及芝麻油產量。

Table 2-4. Production of sesame seed and oil in different regions of the world.

Region	Sesame seed (tons)	Sesame oil (tons)	Total (tons)
Africa	808,864	1,336,763	2,145,627
America	176,469	22,467	198,936
Asia	2,180,387	809,355	2,989,742
Australia	0	2,000	2,000
Europe	1,430	31,025	32,455

(FAO, 2010)

表 2-5、台灣 2016 年芝麻生產概況。

Table 2-5. A survey of sesame production in Taiwan in 2016.

地區別	種植面積 (公頃)	收穫面積 (公頃)	每公頃 (平均產量-公斤)	產 量 (公噸)
台中市	126	126	539	68
台南市	2,120	1,709	740	1,264
高雄市	3	3	793	2
台灣省	259	259	523	136
新竹縣	1	1	700	1
苗栗縣	13	13	643	8
彰化縣	98	98	351	34
南投縣	3	3	567	2
雲林縣	47	47	598	28
嘉義縣	41	41	449	18
屏東縣	56	56	783	44
台東縣	0	0	595	0
總計	2,508	2,097	701	1,470

本表縣市及台灣地區資料係由鄉鎮資料分別彙總後再四捨五入，因此台灣地區及台灣省各項合計數與縣市合計容或有尾數差異。

(行政院農委會農糧署，2016)

由此得知台灣的芝麻油產業原料大多仰賴進口。根據陳(2014)訪談創立於1966年的台灣最大世界第二大的芝麻油製造廠商，該公司早期以花生油生產為主，由於2001年政府限制花生進口量的政策，使其轉為發展芝麻油為主，但芝麻油這項產品生命週期已處於高度成熟期，因此需投入更多心力去研發更多具有附加價值的相關產品，如醬料、餡料、伴手禮、保健食品等，才能從中找出產業新亮點。

2.2 微膠囊包覆技術

微膠囊為一個直徑在1-1000微米之間的細小球體，其最簡單的形式為具有外壁的小顆粒，當中被包覆在內的物質稱為核芯材料(core materials)、芯、芯材、內相或充填物；而外部的壁，被稱為殼、塗層、壁材料或是膜(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。不同類型的微膠囊由廣泛的壁材物質(wall materials)，如單體或聚合物以及大量不同的生產方式所產生，而這些顆粒的大小尺寸及形狀皆取決於製備它們的材料及方法。

早於1927年，便有研究成功以噴霧乾燥技術(spray-drying)將風味油進行微膠囊化(Fanger, 1974)。而在現在工業中噴霧乾燥法更被廣泛地應用於封裝及粉末化各種不穩定的食品成分和活性藥劑，其它也有多種同樣是為了封裝大量不穩定的食品和藥物成分而被開發出來微膠囊化製程，包含冷凍乾燥法(freeze drying)，流體化床塗層法(fluidized bed coating)，離心擠出(centrifugal extrusion)，夾雜物絡合法(inclusion complexation)，複合凝聚(complex coacervation)，離子型凝膠化法(ionotropic gelation)，脂質體包埋(liposome entrapment)和靜電噴霧(electro-spraying) (Shahidi & Han, 1993; Gouin, 2004; Desai, 2005; King, 1995)等技術。

2.2.1 定義與用途

微膠囊化被定義為一種方法，在食品領域中，微膠囊技術是將液體、固體或氣體化合物包入或嵌入食品級薄膜中以形成具有特殊性質的小膠囊(圖 2-2)，成為核芯化合物與產品其它成分或是外界環境的物理屏障，減少劣化反應提早發生。核芯可以由一種或是數種成分組成，我們將之稱為芯材，微膠囊的外壁則可以被分為單層或雙層，所使用的材料稱為壁材，壁材選擇與使用會影響微膠囊粒子中的芯材保留、化學官能度、溶解度、極性及揮發性(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。此外根據核芯材料的物理化學特性、壁材料的組成及微膠囊化的生產方式，會產生不同類型的微膠囊顆粒如圖 2-3 及表 2-6 的 5 種構型(Gibbs *et al.*, 1999; Gharsallaoui *et al.*, 2007)。

而 Gouin(2004)提出了食品工業進行微膠囊化的七個目的:

- (1) 透過封裝降低核芯材料對外部環境的反應性(例如: 溫度、濕氣、空氣和光)藉此來保護芯材料,降低其發生降解現象。
- (2) 減緩核芯材料對外界的氣化及轉移率。
- (3) 修改原材料的物理特性,使其更便於加工處理。
- (4) 控制產品中核芯材料的釋放時間及釋放速度,使核芯材料在正確的時間釋放並提供正確的作用狀態。
- (5) 當僅需少量的核芯材料時,核芯材料可以被稀釋,並均勻的分散主體材料中。
- (6) 掩蓋核芯材料的味道。
- (7) 在混合材料中與其他成分進行區隔避免發生反應。

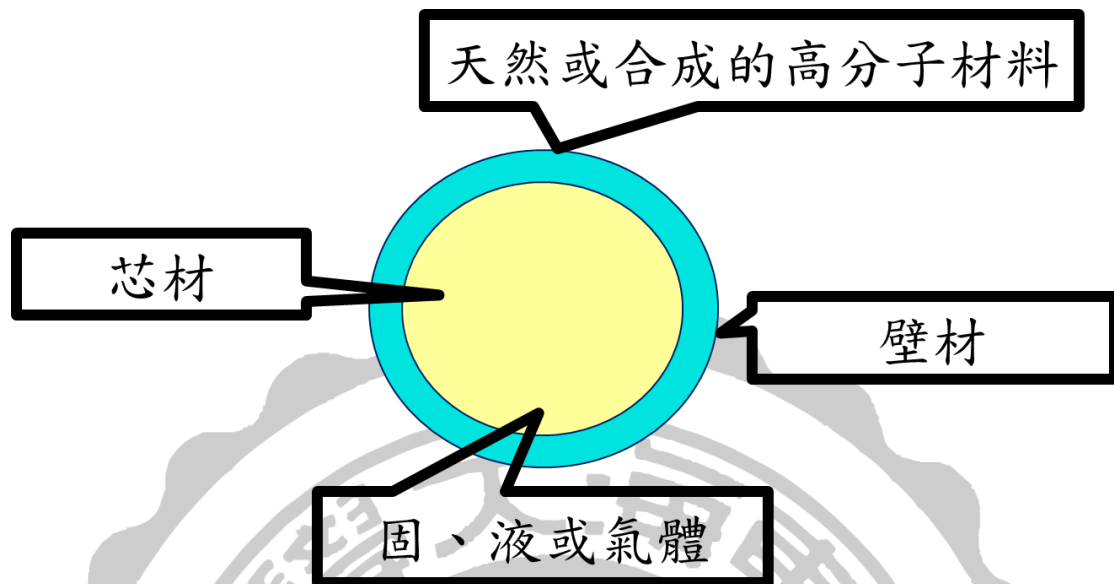


圖 2-2、微膠囊的基本構造。

Fig.2-2. The basic structure of microcapsules.

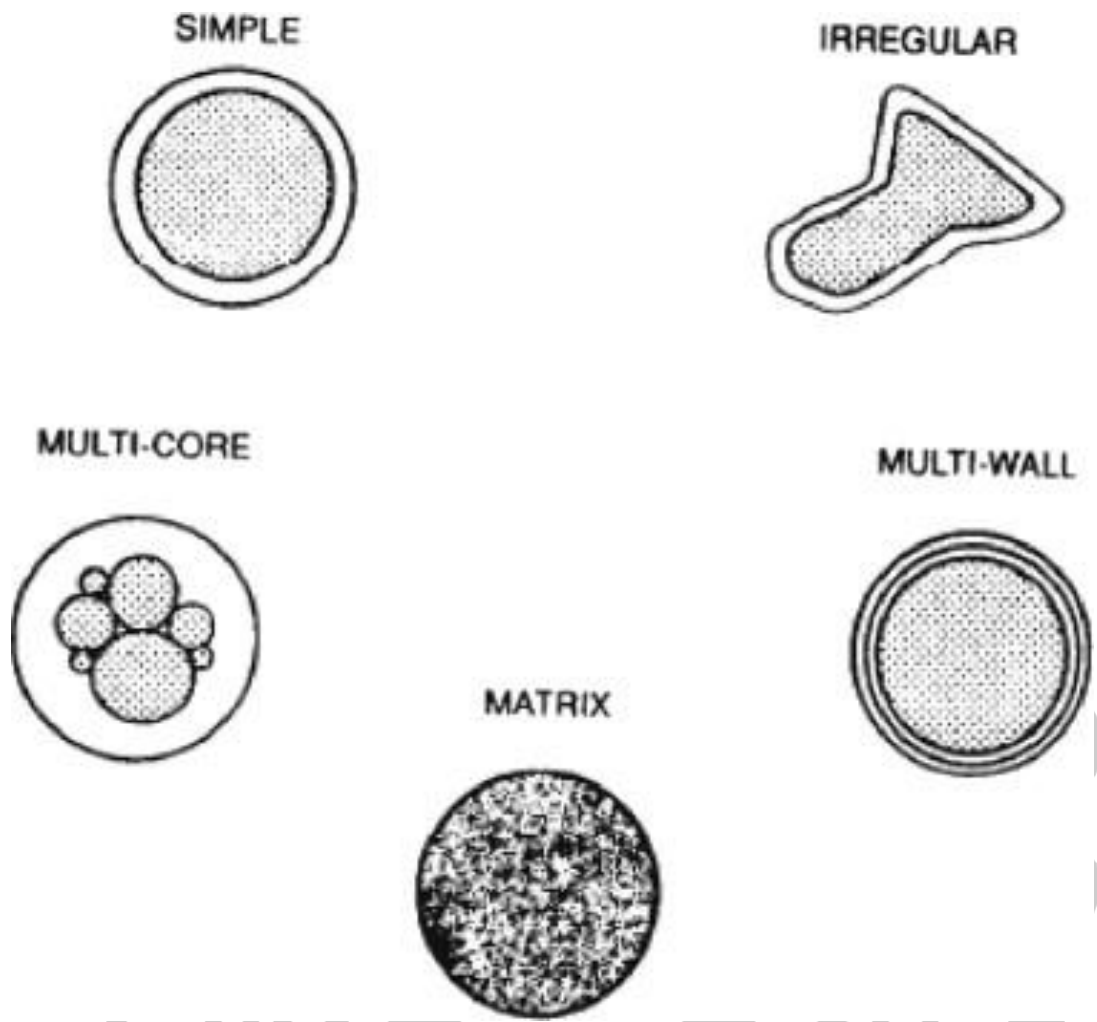


圖 2-3、不同類型的微膠囊。

Fig.2-3. Morphology of different types of microcapsules.

(Gibbs *et al.*, 1999)

表 2-6、不同類型的微膠囊。

Table 2-6. Morphology of different types of microcapsules.

微膠囊種類	型態
simple	均勻厚度的壁材料包覆的簡單球體
irregular	含有不規則形狀的核芯物質
matrix	幾個核芯顆粒嵌入連續的壁材基質中
multi-wall	同一微膠囊中有多層壁材
multi-core	同一微膠囊中有多個不同的核芯材料

(Gharsallaoui *et al.*, 2007)

2.2.2 實驗壁材料介紹

通過噴霧乾燥來進行微膠囊化，壁材料種類對於包覆率及微膠囊穩定性是很重要的，選擇壁材料的方式除了根據其物理化學性質如溶解度、分子量、玻璃轉化溫度、結晶、擴散、成膜和乳化性能外還會考慮到費用(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。

食品成分的微膠囊化通常會使用各種來源的材料，如表 2-7 共分為碳水化合物、蛋白質和脂類 3 大類或表 2-8 依照天然、半合成和合成高分子材料(黃, 2014)。碳水化合物(如麥芽糊精、澱粉、玉米糖漿)為最常擔任微膠囊化的載體角色，然而這些化合物除非透過化學改性來改善介面活性，否則其介面活性是不佳的，相比之下蛋白質可以提供包覆疏水性核芯材料的親水親油性質，因此通常會將兩種材料進行搭配使用(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。由這些壁材料的選擇及組合會影響到乳化液性質(穩定性、黏度和液滴尺寸)及粉末的表面油脂量、粒徑大小、密度、粉體顆粒型態和氧化穩定性等(Carneiro *et al.*, 2013; Jafari *et al.*, 2008)。

Desai 等人(2005)提出了理想的壁材料應具有以下特點:

- (1) 高濃度時仍可以保持良好的流動性。
- (2) 能夠分散乳化活性物質並且使乳化液穩定。
- (3) 避免與要進行封裝的核芯物質產生化學反應。
- (4) 在加工或儲存過程中將核芯材料密封並保持在微膠囊結構內。
- (5) 可溶解於適用於食品工業的溶劑(如水及乙醇)。
- (6) 能夠在適當的溶劑或環境下將封裝的核芯物質完全溶解釋出。

表 2-7、微膠囊製備的材料依照化學結構分類。

Table 2-7. The materials prepared by the microcapsules are classified according to the chemical structure.

分類	材料舉例
蛋白質	明膠、白蛋白、纖維蛋白、酪蛋白、乳清蛋白、大豆蛋白
脂類	卵磷脂、石蠟、蜂蠟
碳水化合物	澱粉、變性澱粉、麥芽糊精、玉米糖漿、環狀糊精、蔗糖、乳糖、纖維素、葡聚糖、阿拉伯膠

(黃，2014)

表 2-8、微膠囊製備的材料依照來源分類。

Table 2-8、The material prepared by microcapsules is sorted by source.

	類型	材料
天然高分子材料	蛋白質	明膠、白蛋白、纖維蛋白等
	多醣	海藻酸鹽、殼聚糖、阿拉伯膠、環狀糊精等
	脂質	卵磷脂、神經鞘髓磷脂
半合成高分子材料	纖維素類衍生物	羧甲基纖維素鈉、乙基纖維素、醋酸纖維素
合成高分子材料	非降解型	聚甲基丙烯酸甲酯、聚醯胺、聚丙烯醯胺、聚苯乙烯、聚氯乙炔
	可降解型	乳酸/乙醇酸共聚物、聚正酯、聚內酯、聚酐、聚胺基酸、聚基氰基丙烯酸酯。

(黃，2014)

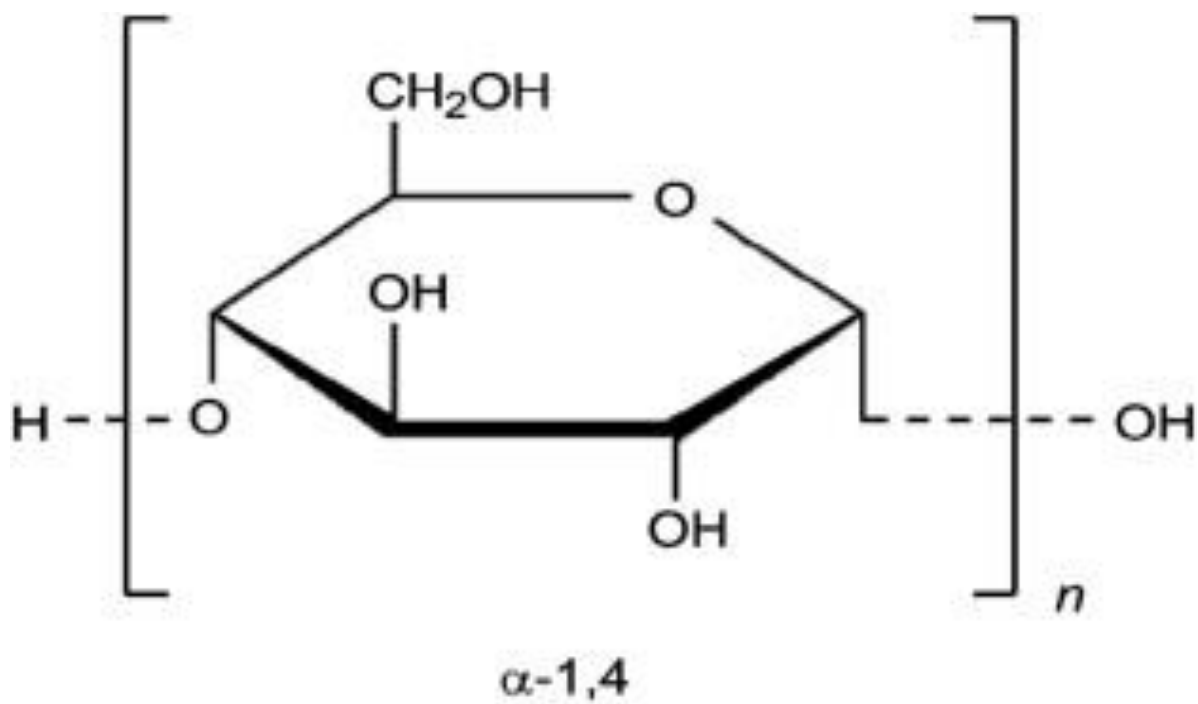
(7) 提供核芯物質對於外界環境（如氧氣、熱、光和濕度）最大的保護。

2.2.2.1 麥芽糊精

麥芽糊精(MD；maltodextrin)是一種水解澱粉，為難消化性的碳水化合物，其化學結構如圖 2-4，通過 α -1,4 鍵結所形成的葡萄糖聚合物，麥芽糊精的分子尺寸通常很大並具有許多分支，使得其產生良好的溶解性(Aidoo *et al.*, 2013)。

在食品微膠囊化中麥芽糊精經常被作為壁材料(Gharsallaoui *et al.*, 2007)，其具有成本低、無特殊氣味、高濃度的使用下，仍可以保持低的液料黏度並提供良好抗氧化保護功能等優點(Bule *et al.*, 2010; Fernandes *et al.*, 2008)。在一些高含糖量的材料進行粉末化時，經常需要克服吸濕性及黏附性的問題，以避免在乾燥過程中，由於較低的玻璃轉化溫度，導致粉末產生黏性，沾黏在乾燥室上。Cano-Higuita 等人(2015)評估了添加麥芽糊精、脫脂乳及兩種的混合物透過噴霧乾燥的方式生產芒果汁粉，結果發現添加較多的麥芽糊精，吸濕的情形較為輕微。Oberoi 和 Sogi (2015)的研究成果也顯現了，麥芽糊精是一種有效的乾燥助劑，並且隨著添加量上升，乾燥粉末的水分含量會下降，並且使西瓜果汁粉有更好的流動率。Araujo-Díaz 等人(2017)評估了麥芽糊精及菊糖作為藍莓汁噴霧乾燥時的載體對於乾燥粉末的理化性質影響，結果也呈現了麥芽糊精有較好的保護及封裝能力。

但是這種壁材料乳化能力低，產生在微膠囊化過程中極大的問題，因此通常需要搭配其他乳化性較高的材料結合使用(Carneiro *et al.*, 2013)。



$$2 < n < 20$$

圖 2-4、麥芽糊精化學結構。

Fig. 2-4. Chemical structure of maltodextrin.

(Aidoo *et al.*, 2013)

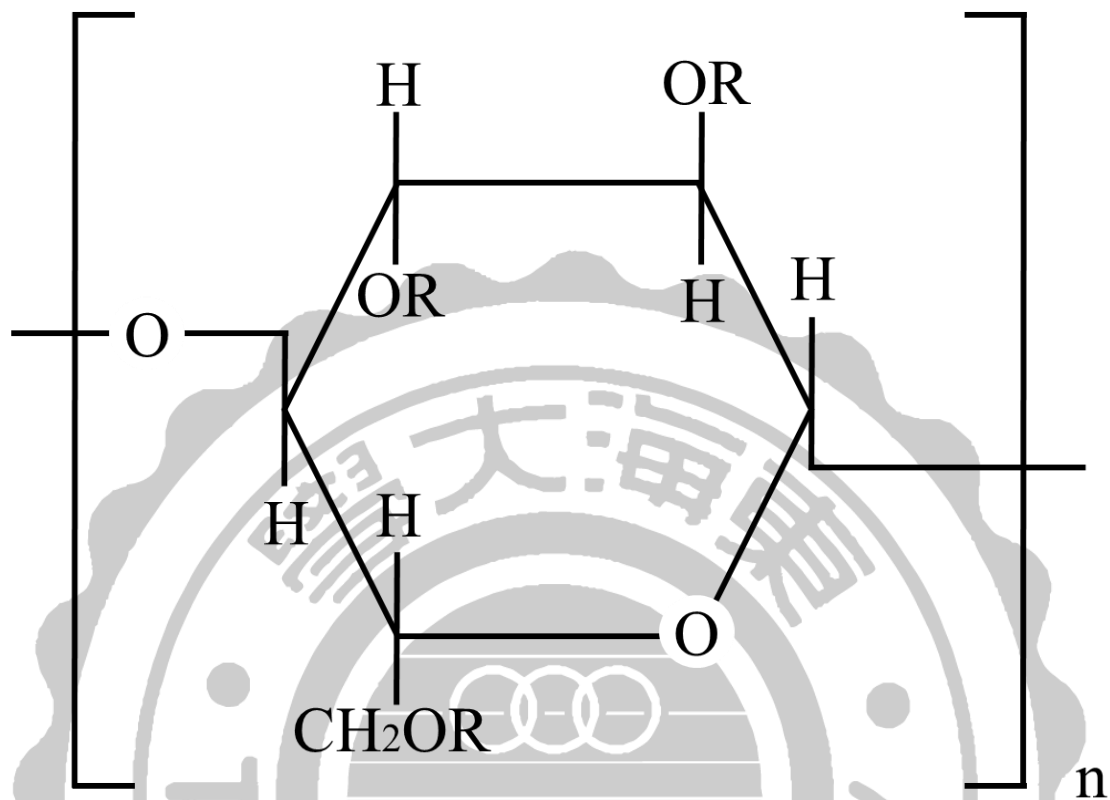
2.2.2.2 羥丙基甲基纖維素

羥丙基甲基纖維素 (HPMC ; hydroxypropyl methylcellulose)，是無色無味，白色至灰白，纖維狀或顆粒狀的自由流動的粉末。是種改性的天然聚合物或纖維素，其結構(圖 2-5)上存在羥丙基和甲基基團，使得纖維素分子疏水，並使它們具有表面活性，而適用於油的微膠囊化。因此特性，羥丙基甲基纖維素常作為食品工業中的乳化劑、增稠劑、成膜劑、保護膠體、穩定劑、懸浮劑等(Soottitantawat *et al.*, 2003; Burdock 2007; Gharsallaoui *et al.*, 2007; Soottitantawat *et al.*, 2005)。增稠劑在食品乳化液中，主要是增加水包油乳化液的水相黏度，黏度增強便可降低顆粒的沉澱及絮凝的速率，使乳化液有更好的穩定性(McClements, 2005)。

Davidov-Pardo 等人(2008)的研究成果顯示使用改性纖維素，如甲基纖維素、羥丙基甲基纖維素，可提高了魚油粉末的穩定性、包封效率和型態。Yonekura 等人 (2014)則發現。以羥丙基甲基纖維素作為封裝劑，可以保持噴霧乾燥過程中是酸乳桿菌的活力。Wang 等人(2014)探討中草藥提取物在噴霧乾燥製程中以羥丙基甲基纖維素作為抗黏劑有效性，結果也顯示在使用不超過 8%的羥丙基甲基纖維素，便可以有效的解決粉末顆粒黏附的問題。

2.3 噴霧乾燥之簡介

噴霧乾燥法是食品工業中最古老且應用最廣泛的封裝技術，它靈活、連續並且低成本(Ray *et al.*, 2016)，另外通過噴霧乾燥來進行微膠囊粉末的製作，可以達到活性物質的保護、穩定化、增加溶解性及控制釋放等優異的特性(Zuidam & Heinrich, 2009) ，Santivarangkna 等人(2007)研究指出，噴霧



Where R = H or CH₃ or CH₂CHOHCH₃

圖 2-5、羥丙基甲基纖維素化學結構。

Fig.2-5. Hydroxypropyl methylcellulose chemical structure.

(Burdock, 2007)

乾燥比冷凍乾燥成本低了八倍，並且比真空乾燥便宜四倍，此外噴霧乾燥由於相對與熱接觸時間短(5-100 秒)，因此適合處理熱敏感物質，如營養物質、風味物質、色素等(Rodríguez-Hernández *et al.*, 2005; Yousefi *et al.*, 2011) ，並且成品具有低水分含量及水活性的特點，故能有較高的穩定度。以噴霧乾燥製作的水果及蔬果汁粉的水分含量常見的範圍分別為 2-5%和 0.2-0.6 (Shishir *et al.*, 2016; Tze *et al.*, 2012; Kha *et al.*, 2010; Patil *et al.*, 2014)。在這些條件下，粉末產品的褐變反應、水解反應、脂質氧化、自氧化、酶活性及微生物、氧化降解反應皆可降低(Marques *et al.*, 2007; Tan *et al.*, 2011) 。

2.3.1 噴霧乾燥機之流程介紹

噴霧乾燥主要步驟由圖 2-6 所示，進料溶液霧化、霧化液滴與熱空氣混合、乾燥粉體與空氣分離及粉末收集等程序 (Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017) 。

2.3.1.1 進料溶液霧化

物料藉著蠕動幫浦的流速調控，將物料送進噴霧乾燥機塔頂的霧化器中，通過噴嘴將物料噴成霧化液滴，此時物料會具很大的表面積，因此在與熱風接觸時可以達到快速乾燥的效果 (林，2010)。

目前在噴霧乾燥中經常使用的有壓力噴嘴、旋轉霧化器、雙流體噴嘴和超音波霧化器等四種(吳，2011)。不同噴嘴的霧化原理參照表 2-9，其中與液壓噴嘴作用原理類似的雙流體噴嘴，皆有著不適合具有較高黏度的液料，而旋轉霧化器則相比於其他霧化器的產率較低。超音波噴嘴是相對較新的霧化技術，這種噴嘴的優點是能自我清潔噴頭並且可以使的物料

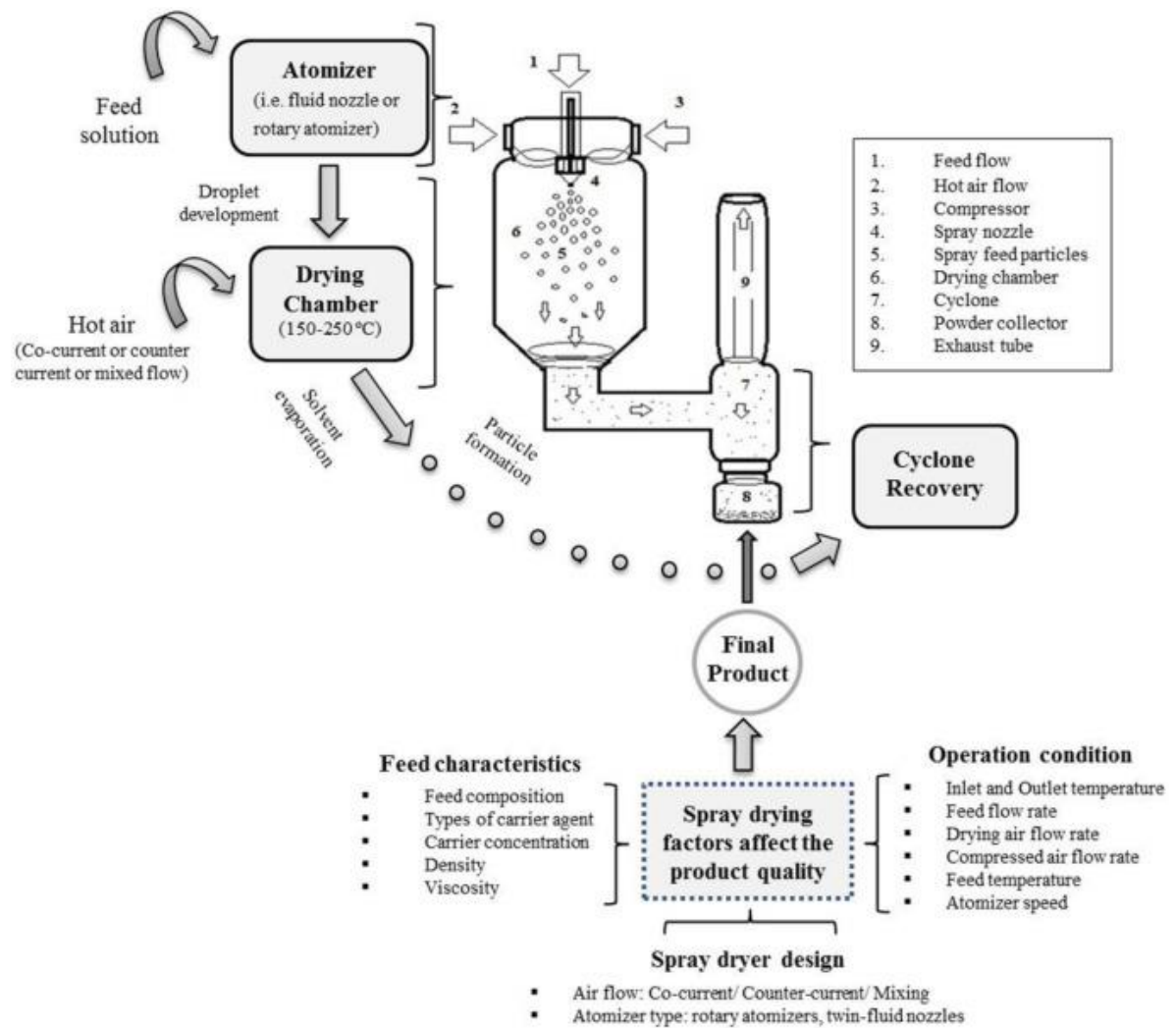


圖 2-6、噴霧乾燥原理圖及影響產品品質之因素。

Fig. 2-6. Spray drying diagram and the factors that affect product quality.

(Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017)

表 2-9 不同霧化器的作用原理。

Table 2-9. The principle of the action of different nebulizers.

霧化器種類	能量形式	原理
液壓噴嘴 (單流體噴嘴) (Pressure Nozzle)	壓力	物料經過加壓並通過直徑減小的噴嘴被快速噴出。
旋轉霧化器 (Rotary Atomizer)	離心力	水平放置的轉盤，轉盤周邊有凹槽，當進料的時候霧料會供給到轉盤中心，並藉由離心力將物料射入凹槽，凹槽的作用可以使霧化出來的液滴具有均勻的形狀及尺寸。
雙流體噴嘴 (多流體噴嘴) (Two-Fluid Nozzle)	動能	有多道流體的噴嘴，利用氣體液料產生的高摩擦力，將液料分解成液滴，形成的液滴形狀與尺寸可以透過調整物料的特性(表面張力、密度、黏度)及壓縮氣體得流速來進行調控。
超音波霧化器 (Ultrasonic Atomizer)	超音波	藉由超音波的振動來使物料霧化。

(吳，2011；Cal & Sollohub, 2010)

更加細小，使用這樣的方式進行霧化，液滴相較於其他的噴霧方式，可以不用以高速噴出，當液滴的移動速度較慢與乾燥空氣作用的時間則較為充裕，而達到提升產率的效果(Cal & Sollohub, 2010; Huang *et al.*, 2006)。

在進行霧化器的選擇時，會取決於進料的性質和黏度以及乾燥產品的所需特性。當提供的能量越高，形成的液滴越細。當初始液體的黏度和表面張力都高時，噴霧產出顆粒的尺寸會增加，影響粉末品質(Shishir & Chen, 2017)。

2.3.1.2 霧化液滴與熱空氣混合

此階段為液料霧化後開始發生乾燥的期間，乾燥的氣流可以分為順流及逆流，順流時，液料與設備中的熱空氣以同方向噴出，此時的熱空氣溫度通常為 150-220°C，因此液料中的水分在與熱空氣接觸的同時會瞬間蒸發散失(Fleming, 1921)。並且完成乾燥的粉體將被收集至 50-80°C 的收集瓶中，由於乾燥完成後可立即進行降溫，因此產品本身熱降解的情形會較為輕微。而逆流乾燥，則是液體與熱空氣流以反方向噴射，高溫空氣會與乾燥的產品再次作用，較不適合使用在熱敏感的產品中，但是此方法的成本較低，可以提高收益(Fleming, 1921)。

當液滴與熱空氣接觸，在液相及氣相之間會建立溫度和蒸氣壓的分壓平衡，由於溫差，空氣會開始向產品進行熱傳導，而蒸氣壓則由相反的方向移動，水分因此進行轉移，藉此達到乾燥的效果。(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。

基於乾燥的基本理論，液滴的乾燥分為三個部分進行，這三個不同階段的水分蒸發的時間取決於產品的性質及入口

溫度(Gharsallaoui *et al.*, 2007; Masters, 1991)。

- (1) 當液滴與熱空氣接觸時，液滴的溫度增加到濕球溫度。
- (2) 在恆溫及恆定的水氣分壓下水分持續蒸發，此時的液滴的水分擴散速率等於乾燥速率。
- (3) 最後，液滴表面形成乾燥的外殼，乾燥速率下降僅依賴水分的擴散速率，並且當乾燥空氣的溫度與粉體顆粒的溫度相等時，便完成粉末的乾燥。

在第一階段中，熱空氣使液滴溫度快速的升高，促使液滴表面的水分快速蒸發，液滴顆粒便會開始收縮，內部的水分也快速的移動到液滴表面並保持一定的蒸發速率，通常完成乾燥的時間為 5-100 秒，這樣快速瞬間乾燥的方式，相較於其他乾燥方式有較好的活性物質保留效果(Corrigan, 1995)。在經過設計的噴霧乾燥系統中，15-30 秒是霧化液滴通過乾燥區的最佳時間範圍(Fogler & Kleinschmidt, 1938)。Fleming (1921)表示，在熱空氣與液料混合的瞬間乾燥便開始發生，液滴表面皆發生了強烈的蒸發。

2.3.1.3 乾燥粉體與空氣分離及粉末收集

完成乾燥後的粉末產品通常會藉由噴霧乾燥機外部的旋風分離器來將乾燥粉體與濕空氣進行分離，並收集至收集瓶中，所得到的粉末產品是由乾燥收縮後的球形液滴所形成的，並且會根據組合物、液滴狀態、產品水分及氣體含量，產生緊密或是中空的型態差異(Bimbenet *et al.*, 2002)。

除了旋風分離器之外，噴霧乾燥機還會配有濾袋將排出的廢氣中少量雜質或重量較不足的粉末產品收集並以洗滌器去除上面的粉末或是任何的揮發性汙染物(如調味料)。

Alamilla-Beltran 等人(2005)指出在噴霧乾燥的過程中，粉體粒徑大小、型態變化與其水分含量及乾燥溫度有關，這些變化都可以藉由基礎乾燥理論來解釋。另外，藉由霧化噴嘴噴霧的不同垂直距離所製作的麥芽糊精顆粒的圖像分析，發現噴霧乾燥的技術性能取決於顆粒與顆粒之間流動性以及顆粒與液體濕潤再分散的相互作用。

2.3.2 噴霧乾燥機參數說明

粉末的品質、產率及儲存安定性與搭配的原料特性及噴霧乾燥機的條件參數息息相關，而空氣壓力、空氣流速、進料流速、入口溫度、液料濃度都是噴霧乾燥程序中重要的影響因子。(Jamilah *et al.*, 2013)

2.3.2.1 空氣壓力

此條件為控制液料從噴嘴噴出時所施加的壓力，壓力的大小會影響到的霧化液滴，當壓力較大的時候，液滴尺寸較小，反之則較大(林，2010)。但是當壓力大到一定程度時，並不會使的液滴更小，反而會使的能量消耗浪費，此外較大的壓力，會使液滴射出的速度較快，而減少與乾燥空氣作用的時間減少(Jumah *et al.*, 2000)，導致產品水分含量較高或是在還沒完全乾燥時，便接觸到乾燥室的表面，導致沾黏，使產率降低(林，2010)。

2.3.2.2 空氣流速

乾燥空氣流速是噴霧乾燥很重要的因素之一，因為蒸發水所需的能量是藉由乾燥空氣進入乾燥室的情況而發生變化的，較低的乾燥空氣流速使乾燥循環的時間較長，較高的乾

燥空氣流速雖然會帶來更多的乾燥能量，但是卻會使的乾燥循環時間縮短，當乾燥時間過短，最終產品會有較高的水分含量，進而影響到產品的溶解度及堆積密度等性質(Goula & Adamopoulos, 2005; Goula *et al.*, 2004)。此外，乾燥空氣的另外一個功能，是將噴霧乾燥完成的粉末，藉由氣旋送至收集瓶中，氣旋的大小便是由空氣流速進行調整，當空氣流速較快的時候，較粗的粉末便會被帶入收集瓶中，而當空氣流速較慢的時候則較粗的粉末不會被帶入收集瓶中(林，2010)

2.3.2.3 進料流速

噴霧乾燥機的進料，通常是使用蠕動幫浦來運作，藉由轉速的調控來控制進料速率(Tonon *et al.*, 2008)，然而有許多文獻結果表示，增加進料流速對產率會造成不利的影響(Can Karaca & Ak, 2016; Muzaffar & Kumar, 2015; Gallo *et al.*, 2011; Fazaeli, 2016; Murugesan & Orsat, 2011; Tonon *et al.*, 2008)，這是由於當進料速率過快，會導致液料還來不及乾燥便直接黏滯在乾燥室表面上，轉速過慢的時候，則會造成噴頭堵塞或是產量降低(林，2010)。此外使用相同的霧化器時，隨著進料速率的增加，顆粒的尺寸也會跟著增加(Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017)

2.3.2.4 入口溫度

噴霧乾燥室中的溫度通常指的就是入口溫度或稱乾燥溫度，入口溫度是影響噴霧乾燥粉末物理化學性質的重要因素(Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017)，噴霧乾燥的入口溫度設定需大於 120°C，因為在這樣的溫度之上才能使霧化液滴達到瞬間乾燥的效果(林，2010)。而當入口溫度高時，

水分蒸發速度快，乾燥外殼快速形成，產品會有較大的顆粒尺寸(Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017)，而粉體的流動率會降低(Tze *et al.*, 2012)，溶解率則上升(Daza *et al.*, 2016)。熱敏感物質在各種研究中顯示，較高的入口溫度，含量會下降(Mohammad Rezaul Islam Shishir & Chen, 2017)，然而在適當的溫度及進料流速的控制下，產量及生產效率便可以有效的提高，這是由於較高的入口溫度會提高乾燥速率，從而提高粉末的產量(Cai & Corke, 2000)。

2.3.2.5 液料濃度

當液料的濃度較高表示有較高的載體含量，載體的添加，可以提高乾燥後的產率，並降低噴霧乾燥產品的含水量(Abadio *et al.*, 2004; Quek *et al.*, 2007)，然而液料的黏性會隨著載體的增加而提高，當液料黏度太高的時候，整個溶液的水分含量相對少，可能在液料噴出之前便在管路中乾燥，造成管路及噴嘴堵塞的狀況(林, 2010)。此外，Shishir & Chen(2017)研究發現液體的黏度和表面張力高時，顆粒的尺寸會增加。

2.3.3 以噴霧乾燥法製作微膠囊粉末油脂

噴霧乾燥法過去已被廣泛的用於香料及油的微膠囊化(Ahn *et al.*, 2008; Bae & Lee, 2008; Fuchs *et al.*, 2006; Partanen *et al.*, 2008)。而以此方法製作微膠囊粉末油脂主要會分為兩個步驟:油脂的乳化包覆及噴霧乾燥的粉末化(Dziedzak, 1988)。

乳化的階段會將核芯材料均勻的分散在壁材料中形成細小的液滴，並且維持穩定的乳化狀態，在噴霧乾燥前，乳化液液滴直徑應在 1-100 μm 的範圍內，並在一定的時間內保持穩定

(Liu *et al.*, 2001)，較佳的狀態應為直徑小的乳化液滴，且乳化液的黏度應足夠低於防止顆粒間有空氣夾雜(Drusch, 2006)，過高的黏度會干擾霧化的過程，形成對乾燥速率不利的大型液滴(Rosenberg *et al.*, 1990)，Barbosa 等人(2005)的研究指出，當乳液越穩定，透過噴霧乾燥後的微膠囊粉末油脂包覆效果會越好，而當乳化液液滴的尺寸越小，顯示出有較高的穩定性，可以對其中的活性物質有更大的保護作用。但是 Carneiro 等人(2013)的研究中發現，包覆率的結果與乳化液液滴尺寸或黏度無關，產生這樣的結果差異推斷是由於使用的壁材料組合不同，而導致不同的成膜能力及保護效果(Liu *et al.*, 2001; Jafari *et al.*, 2008; Soottitantawat *et al.*, 2005)。

噴霧乾燥的階段，藉由將乳化液霧化，使表面積增加後與高溫熱空氣混合時，導致水分快速蒸發，表面的壁材料外殼快速形成並準確地將芯材包覆(Gharsallaoui *et al.*, 2007)。Z. Liu 等人(2004)認為在噴霧乾燥期間影響品質及效能的主要因素為進料溫度、入口溫度及出口溫度。事實上，進料時的溫度會影響到乳化液的黏度，而間接影響到其流動性其霧化狀態，因此當進料溫度提高的時候，應該要降低乳化液本身的黏度和液滴大小，但是高溫會引發一些熱敏感物質的揮發或是降解，在此情況下，調節乳化液輸送到霧化器的進料速率，便可以確保每個霧化液滴在到達乾燥室表面前達到所需的乾燥程度(Gharsallaoui *et al.*, 2007)，由此可知調節入口溫度及進料流速是很重要的(Zbicinski *et al.*, 2002)。另外，入口溫度與微膠囊粉末的乾燥速度及最終水分含量成正比，當入口溫度低的時候，低的蒸發速率所形成的微膠囊，會有較高密度的外膜、較高的含水率、較差的流動性及容易結塊。然而，過高的入口溫度導致過度的蒸發，造成外殼破裂使當中的包覆成分提早釋出而發生降解會或揮發損失

(Zakarian & King, 1982) 。

Jafari 等人(2008)的觀點認為影響微膠囊化油脂及香料的品質的主要因素為:壁材的類型、芯材的特性(濃度、揮發性)、進料乳化液的配方(總固形物、黏度、液滴大小)和噴霧乾燥過程的條件(霧化、入口溫度、空氣流速、濕度),以此些條件調控,便可優化乾燥過程,得到品質較佳的粉末顆粒。優良的噴霧乾燥粉末成品具有水分低、容易再加工及儲存,防止包覆之活性物質產生不良的反應等優點(Carneiro *et al.*, 2013) 。



3. 實驗目的

- (1) 透過油脂微膠囊粉末化的方式，減少油脂需要額外包裝的包材使用問題，並且增進其運送的便利性、使用的方便性、保存的穩定性及更豐富的應用。
- (2) 雖然市售以有類似芝麻油粉的產品，確有回溶後香氣不足的問題，透過油脂添加量及與大豆油調和濃度的調控，探討出最適合現代食品產業使用的芝麻油微膠囊粉末。

4. 實驗設計

實驗架構如圖 4-1，本實驗參考表 4-1 多篇文獻，發現乳化液的均質轉速普遍在 18000-10000 rpm，均質時間 5 分鐘，噴霧乾燥的入料速度介在 5-14 g/min 左右，空氣壓力則為 0.6(kgf/cm²)，入口溫度 170-180℃，藉由文獻結果，同樣將乳化液製備的均質時間設為 5 分鐘，但由於儀器限制上的問題因此將轉速設為 13500 rpm，噴霧乾燥的入口溫度設在 175℃，噴頭壓力因應機器設定的調控單位故設為 0.5(kgf/cm²)，乾燥空氣流速則因為機器限制無法更動設為 0.5(m³/min)，而進料流速由於乾燥室可能與文獻中的直徑相對較小，因此使用上述條件下在大於 22.5%(5.5-6g/min)的流速以上時，便會有液料來不及乾燥，產生液滴沾黏在乾燥室表面的問題，故將將進料條件設為 22.5%。

乳化液的配方，為了可以更清楚的了解到以大豆油進行調和之芝麻油產品在噴霧乾燥後的影響，做出如香油等不同使用程度上的芝麻油調和油之產品，故進行芝麻油：大豆油=20:80、40:60、60:40、80:20、100:0 (v/v) 5 種調和油之粉末化製程，此外，期望能在粉末油脂中盡量包入更多油脂，因此經過預實驗結果發現，在添加比例超過總乳化液的 12.5%時，在經過均質後，仍會有油脂浮出(圖 4-2)，而低於 7.5%，則認為添加量太少，

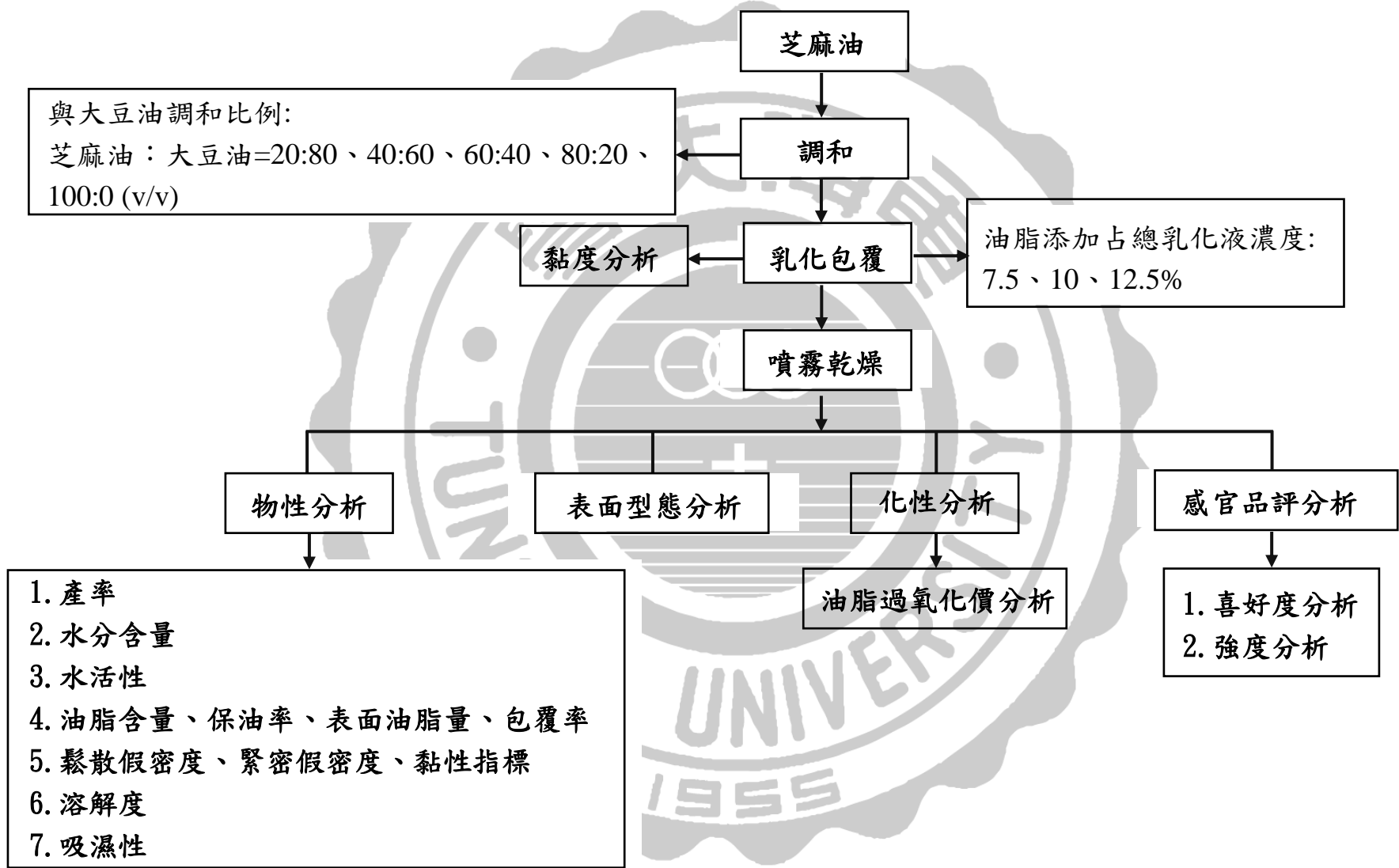


圖 4-1、實驗架構。

Fig.4-1 .Architecture

表 4-1、以噴霧乾燥法製備微膠囊粉末油脂之最佳條件文獻條件整理。

Table 4-1. The optimum conditions for the preparation of microcapsule powder and oil by spray drying method were discussed.

Paper 名稱	乳化液製備		噴霧乾燥條件		
	均質轉速 (rpm)	時間 (min)	進料流速 (g/min)	空氣壓力 (kgf/cm ²)	入口溫度 (°C)
不同乳化液組合物及超音波作用時間對亞麻籽油的品質影響	為超音波均質機，故不參考		6-12	-	180
不同壁材及均質壓力對以噴霧乾燥法製備之微膠囊咖啡油之影響	16000	5	11.6	-	170
以噴霧乾燥法製備不同壁材組合之微膠囊化亞麻籽油脂封裝效率及氧化穩定性之影響	18000	5	12	0.6	180
加工條件對於以噴霧乾燥製備咖啡油粉微膠囊化之效果	14000	5	13-14	-	170
不同組合之麥芽糊精、阿拉伯膠、乳清蛋白濃縮物對以噴霧乾燥法製作辣木油之包覆狀態及氧化穩定性之影響	10000	5	10	0.6	180

表 4-1、以噴霧乾燥法製備微膠囊粉末油脂之最佳條件文獻條件整理(續)。

Table 4-1. The optimum conditions for the preparation of microcapsule powder and oil by spray drying method were discussed.

Paper 名稱	乳化液製備		噴霧乾燥條件		
	均質轉速	時間	進料流速	空氣壓力	入口溫度
	(rpm)	(min)	(g/min)	(kgf/cm ²)	(°C)
加工條件對於以噴霧乾燥製備咖啡油粉微膠囊化之效果	14000	5	13-14	-	170
評估以大豆分離蛋白及麥芽糊精製備核桃油粉之氧化穩定性 提高能力	10000	5	5	-	190
以噴霧乾燥法製備經超音波輔助乳化之姜精油微膠囊化	1000	5	13-14	-	170

(Binsi *et al.*, 2017; Carneiro *et al.*, 2013; Fernandes *et al.*, 2016; Frascareli *et al.*, 2012; Mohammed *et al.*, 2017; Premi & Sharma, 2017; Roccia *et al.*, 2014; Shamaei *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2014; Tontul & Topuz, 2014; Zhou *et al.*, 2017)

無產品化的價值，因此將探討油脂添加量占總乳化液 7.5、10、12.5%。

在結果分析的部分，將探討不同乳化液配方的黏度，並評估黏度與形成粉末油脂的相關性。製備完成的粉末，將進行物性分析的產率、包覆率、保油率及表面油量，以了解生產過程中的效能及耗損狀態，水分含量、水活性、吸濕性的分析用來確認粉末油脂在保存上的安定性及安全，溶解度確保產品的沖泡情況是否為佳，鬆散假密度、緊密假密度、黏性指標的測定，除了用以評估包裝狀態外，也避免粉料在要進行二次加工時，由於黏性影響粉末在管路中流動的情形。化性分析的過氧化價檢測，透過虐待試驗等，了解微膠囊化是否能夠有效地提供保護效果，最後再以品評的方式由訓練品評人員的定性描述性及喜好度分析，評估粉末油脂的各種感官品評指標。



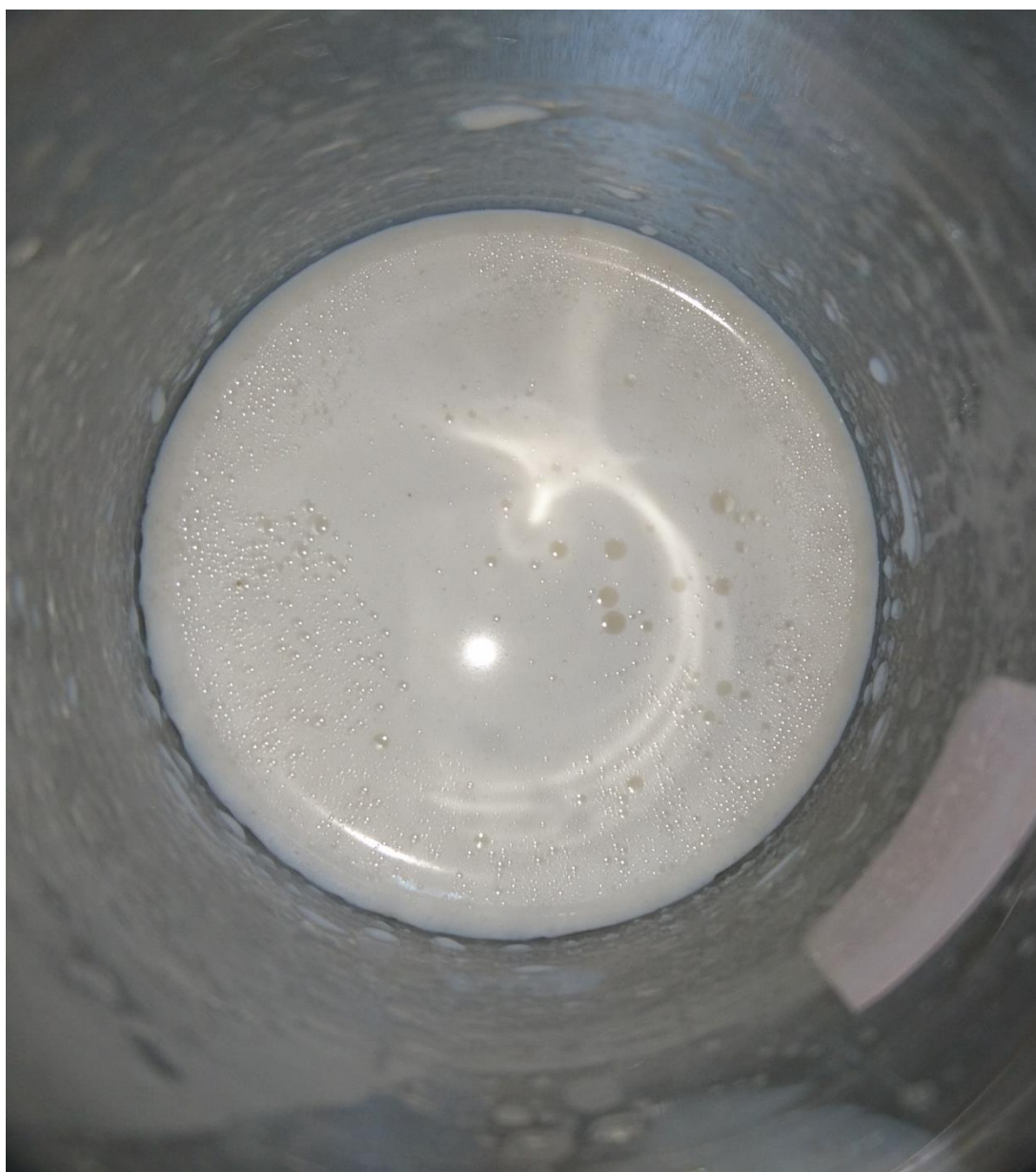


圖 4-2、超過 12.5% 的添加量產生油脂浮出情形。

Fig. 4-2. More than 12.5% of the added oil produces a floating oil.

5. 材料方法

5.1 實驗材料

5.1.1 實驗原料

本研究試驗使用之芝麻油，由長青油脂工業股份有限公司提供。雲林，台灣。大豆沙拉油購自福壽實業股份有限公司，台中，台灣。油品皆置於避光陰涼處進行保存。

5.1.2 實驗藥品

1. 標準品

碘酸鉀(Potassium Iodate)購自 AppliChem Panreac 公司，歐洲。

2. 溶劑

石油醚(Petroleum Ether)、冰醋酸(Acetic Acid, Glacial)購自聯工化學廠股份有限公司，新竹，台灣。異辛烷(Isooctane pure)購自 AppliChem Panreac 公司，歐洲。95%乙醇購自景明化工股份有限公司，桃園，台灣。

3. 一般藥品

鹽酸(Hydrochloric Acid)購自聯工化學廠股份有限公司，新竹，台灣。硫代硫酸鈉(Sodium Thiosulfate 5-hydrate for analysis, ACS) 購自 AppliChem Panreac 公司，歐洲。碘化鉀(Potassium Iodide) 購自和光純藥工業株式會社，大阪，日本。羥丙甲纖維素(Hydroxypropyl Methylcellulose, HPMC, Benecel™ E5 Pharm hypromellose)購自台灣公利洋行股份有限公司，台北，台灣。麥芽糊精(Maltodextrin, MD)購自振芳股份有限公司，台北，台灣。澱粉試劑(Starch, ACS reagent, soluble)購

自 ACROS ORGANICS 公司，比利時。

5.2 實驗設備

1. 噴霧乾燥系統(圖 5-1)

Spray drying GB-22 (Yamato，日本)

2. 乳化均質機

Heidolph 公司(Nuremberg，Germany)，DIAX 600 型。

3. 桌上型程控式高速冷凍離心機

Hettich 公司(Kirchlengen，Germany)，MIKRO 22R 型。

4. 高速冷凍離心機

HITACHI 公司(Tokyo，Japan)，himac CR22GII 型。

5. 精密型熱風循環烘箱

Binder 公司(Neckarsulm，Germany)，FD115 型

6. 微波水分分析儀

A&D 艾安得股份有限公司(Tokyo，Japan)，Mostiure Analyzer
ML-50 型。

7. 水活性分析儀

AquaLab 公司 (Pullman，USA)，AL 1494 型。

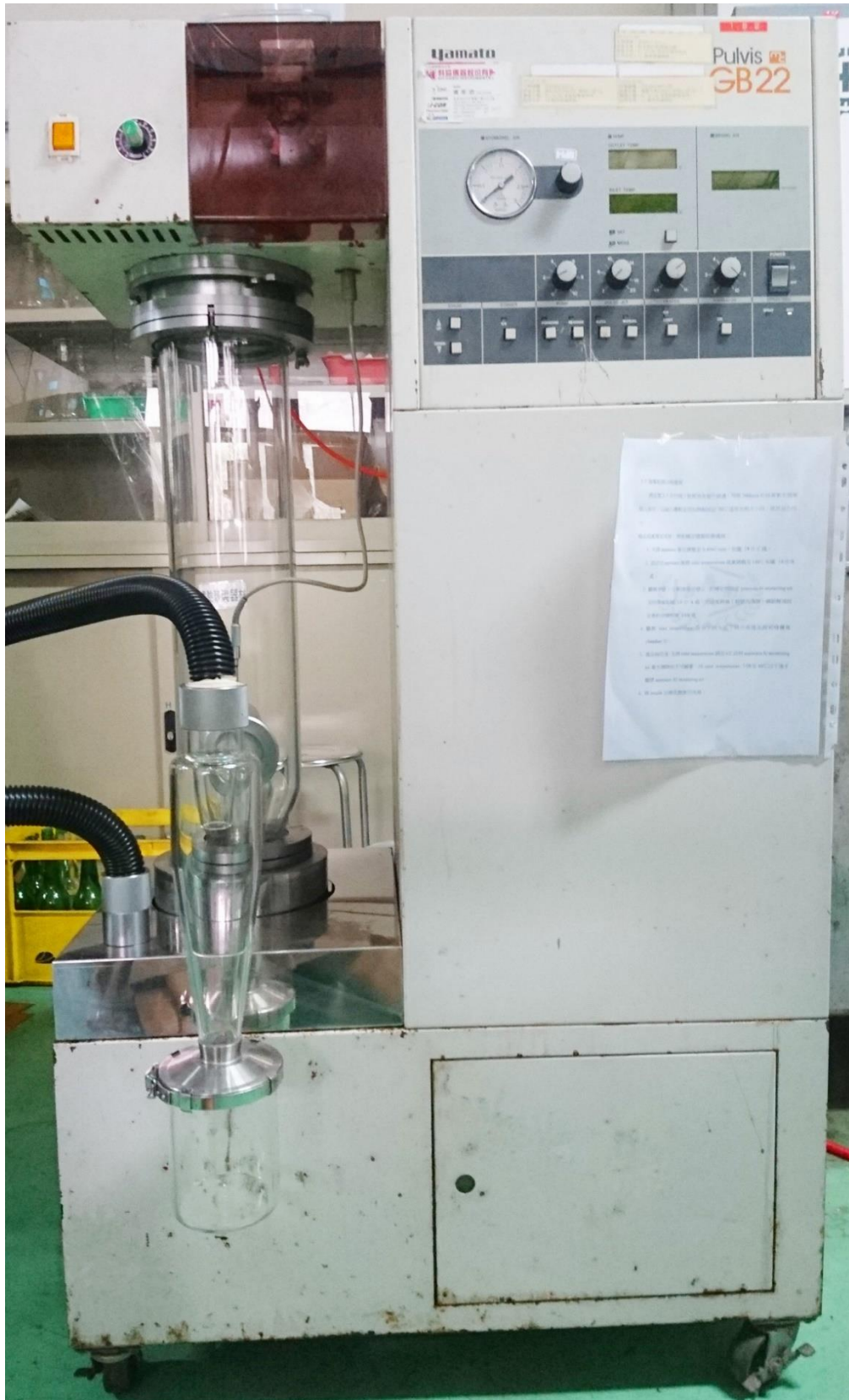


圖 5-1、實驗所使用之噴霧乾燥系統 Spray drying GB-22 型。

Fig. 5-1. Spray drying system GB-22 used in the experiment.

5.3 樣品製備

5.3.1 壁材料配置

參考 Roccia 等人(2014)作法修改之，以陶瓷攪拌器攪拌，將麥芽糊精 6% 溶於 $95 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 蒸餾水中，接著緩慢的加入 3%HPMC，在室溫下持續攪拌至完全溶解，並將其儲存於 4°C 下 24 小時後使用。

5.3.2 調和油配置

將芝麻油與大豆油依濃度調和成，芝麻油：大豆油=20:80、40:60、60:40、80:20、100:0 (v/v)，並於避光陰涼環境保存。

5.3.3 乳化液配置

參考 Carneiro 等人 (2013)方法，並由預實驗結果評估修改之，將油脂依照占總乳化液 7.5、10、12.5%加入壁材料中，配置成 120 ml 的液料，並保持在冰浴環境下使用均質機以 13500 rpm 均質 5 分鐘，取 100 ml 乳化液立即進行噴霧乾燥。

5.3.4 噴霧乾燥

將製備完成之乳化液，接上蠕動幫浦，送入噴霧乾燥機中進行噴霧乾燥，條件設定，噴頭壓力: $0.5(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ ，乾燥空氣流速: $0.5(\text{m}^3/\text{min})$ ，入口溫度: 175°C ，進料流速: $22.5\%(5.5-6 \text{ g}/\text{min})$ 。

5.4 芝麻油乳化液黏度分析

乳液黏度以微電腦黏度計 (BROOKFIELD/U.S.A Model:LVDV- II)測定，在常溫中選擇 Spindle03 轉速 60rpm 進行自動零點歸零後，將 Spindle 浸入至於 50mL 離心管之樣品，進行反復測定三次，單位以 C.P.S 表示。樣品進行三重覆檢測。

5.5 粉體物性分析

5.5.1 產率分析

參考 Paola Roccia 等人(2014)方法修改之，噴霧乾燥製程結束後，利用毛刷立即收集設備中的粉末油脂至秤量瓶(W₂)中，再扣除事先烘乾秤重之秤量瓶重(W₁)，除總固形物重量(W₀)計算得產率，並進行製備三重複。

$$\text{產率}(\%) = (W_2 - W_1) / W_0 \times 100\%$$

W₀: 乳化液中總固形物重量 (g)

W₁: 秤量瓶淨重 (g)

W₂: 秤量瓶重+收集之粉末油脂重 (g)

5.5.2 水分含量分析

在完成噴霧乾燥步驟後立即精秤 0.5 g 粉末油脂，置入鹵素燈水分測定儀專用鋁盤，將之鋪平後，進行水分的測定，樣品進行三重覆檢測。

5.5.3 水活性測定

由水活性測定儀進行檢測，精秤 0.5 g 粉末油脂放入水活性儀之塑膠皿中並鋪平，於 25°C 下使用水活性測定儀開始測定。樣品進行三重覆檢測。

5.5.4 油脂含量、保油率、表面油脂量、包覆率

根據 Binsi (2017)方法修改之，精確秤取 0.5 g 粉末油脂(W₀)至 50 mL 離心管中，加入 2 M 鹽酸 4 mL，渦漩混合均勻後，以 95 ± 2°C 水浴 45 分鐘後，將之完全冷卻，加入乙醇 2 mL 渦

旋 1 分鐘，加入 10 mL 石油醚混合均勻，以 9000 rpm 離心 5 分鐘，取上清液於事先烘乾秤重之秤量瓶中(W_1)，再加入 0.5 mL 石油醚混合後，同樣將上清液收集至秤量瓶中，以 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 烘箱乾燥 2 小時，置於乾燥箱恆重(W_2)，由以下公式計算油脂耗損率。樣品進行三重覆檢測。

粉末油脂中所佔的油量(g oil / g powder) = $(W_2 - W_1) / W_0$

油脂耗損率(%) = $(AO - TO) / AO \times 100\%$

W_0 : 粉末油脂重 (g)

W_1 : 秤量瓶淨重 (g)

W_2 : 秤量瓶重+粉末油脂中總油重 (g)

TO: 粉末油脂中所佔的油量 (g oil/g powder)

AO: 在乳化液中總固形物含量中所佔的油重 (g oil/g solid)

參考 Fioramonti,(2017)及 Binsi(2017)方法修改之，精確秤取 0.5 g 粉末油脂(W_0)至 50 mL 離心管中，加入 10 mL 石油醚，旋渦萃取(vortex)30 秒後，在室溫下放置 5 分鐘，將混合物透過濾紙(Whatmann No. 4)過濾至事先烘乾秤重之秤量瓶中(W_1)，以 3 次分別 6 mL 的石油醚，潤洗離心管，過濾收集至同一秤量瓶中，以 $105 \pm 2^\circ\text{C}$ 烘箱乾燥 2 小時，置於乾燥箱恆重(W_2)，由以下公式計算表面油脂量。樣品進行三重覆檢測。

粉末油脂中表面油脂量(g oil/g powder) = $(W_2 - W_1) / W_0$

W_0 : 粉末油脂重 (g)

W_1 :秤量瓶淨重 (g)

W_2 :秤量瓶重+粉末油脂中表面油脂重 (g)

再由下列公式計算出包覆率。樣品進行三重覆檢測。

$$\text{包覆率(\%)}=(\text{TO}-\text{SO})/\text{TO} \times 100\%$$

TO: 粉末油脂中所佔的油量(g oil/g powder)

SO: 粉末油脂中表面油脂量(g oil/g powder)

5.5.5 鬆散假密度、緊密假密度及黏性指標

參照 Thalberg(2004)及 Fazaeli (2012)方法修改之，取 1 g 粉末油脂(W_0)到入 10mL 塑膠量筒中，輕敲 3 次讀取體積，即為鬆散假密度體積(V_A)。接著繼續輕敲量筒 10 次，再讀取一次體積，此為緊密假密度體積(V_T)，再由以下公式計算鬆散假密度及緊密假密度。樣品進行三重覆檢測。

$$\text{鬆散假密度(g/cm}^3\text{)} = W_0 / V_A$$

$$\text{緊密假密度(g/cm}^3\text{)} = W_0 / V_T$$

W_0 :粉末油脂重(g)

V_A : 鬆散體積(cm³)

V_T : 緊密體積(cm³)

根據 Saifullah (2016)方法，由下列公式推算即可得到指標 Hausner ratio，粉體黏性指標。

粉末黏性指標 Hausner ratio = D_T / D_A

D_A : 鬆散假密度(g/cm³)

D_T : 緊密假密度(g/cm³)

5.5.6 溶解度

參照 Cano-Chauca (2005)及 Wang & Zhou (2015)等人方法並修改之，精秤 0.3 g 粉末油脂(W_0)於 150 mL 燒杯中，分別加入 25 或 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 蒸餾水 10mL，放入磁石攪拌 5 分鐘後移至 15 mL 離心管中以 5000 rpm 離心 5 分鐘，將上清液移至事先烘乾秤重之秤量瓶中(W_1)，以 $135 \pm 2^\circ\text{C}$ 烘箱乾燥 5 小時，於乾燥箱恆重(W_2)，由以下公式計算溶解度。樣品進行三重覆檢測。

$$\text{溶解度}(\%) = (W_2 - W_1) / W_0 \times 100\%$$

W_0 : 粉末油脂重 (g)

W_1 : 秤量瓶淨重 (g)

W_2 : 秤量瓶重+粉末油脂溶解物烘乾重 (g)

5.5.7 吸濕性

參考 Cai & Corke (2000)及 Frascareli (2012)等人方法修改之，精秤 0.5 g 粉末油脂(W_0)於事先烘乾秤重之秤量瓶中(W_1)，置入含有飽和 NaCl 溶液之密閉容器中(相對溼度 75.29%)，於室溫下儲放 7 天後進行秤重(W_2)，由以下公式計算吸濕性。樣品進行三重覆檢測。

$$\text{吸濕性}(\%) = (W_2 - W_1) / W_0 \times 100\%$$

W_0 :粉末油脂重 (g)

W_1 :秤量瓶淨重 (g)

W_2 :秤量瓶重+粉末油脂儲放 7 天後重 (g)

5.6 表面型態觀察

秤取 0.5 g 之粉末樣品，置於秤量紙上，使用 SONY 型號 DSC-RX100M2 數位相機，在相同的拍攝環境下，以機身與樣品距離 20cm 的位置拍攝。

5.7 化性分析

5.7.1 油脂過氧化價測定

參考 Zhou 等人(2017)修改之，於噴霧乾燥完成後的第 1 天與以鋁袋密封保存於溫度 25°C 及 60°C 中，7 天後進行測定，精秤 0.5 g 粉末油脂(W)至 50 mL 離心管中，並以蒸餾水作為空白組，另作芝麻油及大豆油為控制組，加入 30 mL 異辛烷 - 冰醋酸 (1:1, v/v)，渦旋 1 分鐘後加入 0.5 mL 飽和碘化鉀，加入後立即放入暗處進行反應 3 分鐘，將反應物倒入 125 mL 三角錐形瓶中，並以 10 mL 蒸餾水潤洗離心管 3 次，混合均勻後，以進行標定過的 0.01 N 硫代硫酸鈉溶液開始進行滴定，當顏色由褐色轉為黃色時，加入 1% 澱粉指示劑 5 mL，並繼續滴定直到顏色消失達到滴定終點，記錄硫代硫酸鈉溶液消耗量(S)，再以下列公式計算過氧化價。樣品進行三重覆檢測，並做空白組且記錄消耗的硫代硫酸毫升數(B)。

$$\text{過氧化價}(\text{meq/kg})=(S-B) \times N \times F \times 1000 / W$$

S :粉末油脂滴定消耗硫代硫酸鈉溶液體積(mL)

B :空白試驗滴定消耗硫代硫酸鈉溶液體積(mL)

N:硫代硫酸鈉溶液的當量濃度

F:硫代硫酸鈉溶液的力價

W:粉末油脂重(g)

5.8 感官品評分析

5.8.1 喜好度分析

問卷形式如附錄 1，將 9 種油脂粉末以樣品:白麵條(0.5:10 g)的比例，拌勻後進行品評。以 16 位訓練型品評員採 9 分法進行喜好度分析，1 分表示極度不喜歡，5 分表示不喜歡也不討厭，9 分表示極度喜歡。品評盤擺放模式如圖 5-2，每位品評員以 9 種樣品取 6 種的方式給予樣品，每種樣品最少會進行 10 次品評，每個樣品獨立進行評估並利用拉丁方塊設計品評員評估之樣品順序。

5.8.2 強度分析

問卷形式如附錄 2，將 9 種油脂粉末以樣品:白麵條(0.5:10 g)的比例，拌勻後進行品評。以 16 位訓練型品評員採 9 分法進行強度分析，1 分表示微弱，9 分表示強烈。品評盤擺放模式如圖 5-2，每位品評員以 9 種樣品取 6 種的方式給予樣品，每種樣品最少會進行 10 次品評，每個樣品獨立進行評估並利用拉丁方塊設計品評員評估之樣品順序。



圖 5-2、感官品評供應配置。

Fig.5-2.Serving configuration of sensory evaluation.



5.9 統計分析

實驗數據皆以 mean \pm standard deviation (SD) 表示，使用 Statistical Product and Service Solutions (SPSS Statistics, IBM, 24) 軟體進行統計分析，以 ANOVA 程序作變異分析，並以鄧肯氏多變域試驗法 $p < 0.05$ 下比較平均值之顯著性差異。



6. 結果與討論

6.1 物性分析

6.1.1 不同調和濃度及油添加量之產率結果

產率被定義為乾燥後收集的粉末乾物質的質量與進料中總固體重量的比率。這是工業生產中的一個重要指標，因為較高的產率表示有較高的收益(Can Karaca & Ak, 2016)。據 Bhandari 等人(1997)的看法認為以噴霧乾燥製作粉末產品，必須具有 50% 以上的產率才是一個成功的製程。

根據表 6-1 及圖 6-1 的結果可知，以噴霧乾燥的方式製作芝麻油粉，在不同調和濃度及油添加量產率範圍為 54.85-68.79%，所有組別皆有高於 50% 的良好產率需求，在添加油 12.5%(調和濃度 100%)時，獲得最低的產率，添加油 7.5%(調和濃度 20%)時，則會得到最高產率，然而不同的調和濃度及油添加量並不會使產率產生顯著性的變化，Hogan 等人指出(2001)當添加高濃度的油脂於乳化液，在霧化乾燥的過程中，會在乾燥室產生具有較高黏性的粉末，因此可能導致產率降低，另外在 Shishir & Chen (2017)統整的多篇研究中，大多顯示出當載體濃度上升，產率便會隨之增加，由於大多數的芯材料具有較大的黏性或含糖量，導致生產出的粉體黏性大而沾黏在乾燥室上，藉由載體材料的使用，可使增加粉體的抗黏性而得到較高的產率。但 Tonon 等人(2008)的研究卻發現當麥芽糊精的濃度由 10%增加 30%時，產率卻下降了 9.5%左右。他推論是由於較高的進料黏度導致較大的霧化液滴產生，造成乾燥效率降低，使得粉體具有較高的水分含量及黏性，而沾附在乾燥室上。然而研究結果不同的配方對產率並無顯著性的影響，結果推論是由於調控的油添加濃度及調和濃度的黏度變化範圍，不足以顯著地去影響到整體的產率。

表 6-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末產率之影響。

Table 6-1. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on drying yield of sesame oil powder¹.

Concentration% (g sesame oil / g oil)	Drying yield (%)		
	Concentration%(g oil / g emulsion)		
	7.5	10	12.5
20	68.79 ± 2.93 ^{Aa}	66.36 ± 6.30 ^{Aa}	66.36 ± 6.30 ^{Aa}
40	65.81 ± 4.24 ^{Aa}	61.59 ± 5.59 ^{Aa}	61.59 ± 5.59 ^{Aa}
60	65.61 ± 5.92 ^{Aa}	60.64 ± 10.38 ^{Aa}	60.09 ± 8.20 ^{Aa}
80	64.07 ± 9.90 ^{Aa}	58.18 ± 7.85 ^{Aa}	55.07 ± 9.98 ^{Aa}
100	62.60 ± 18.54 ^{Aa}	56.30 ± 19.15 ^{Aa}	54.85 ± 15.04 ^{Aa}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

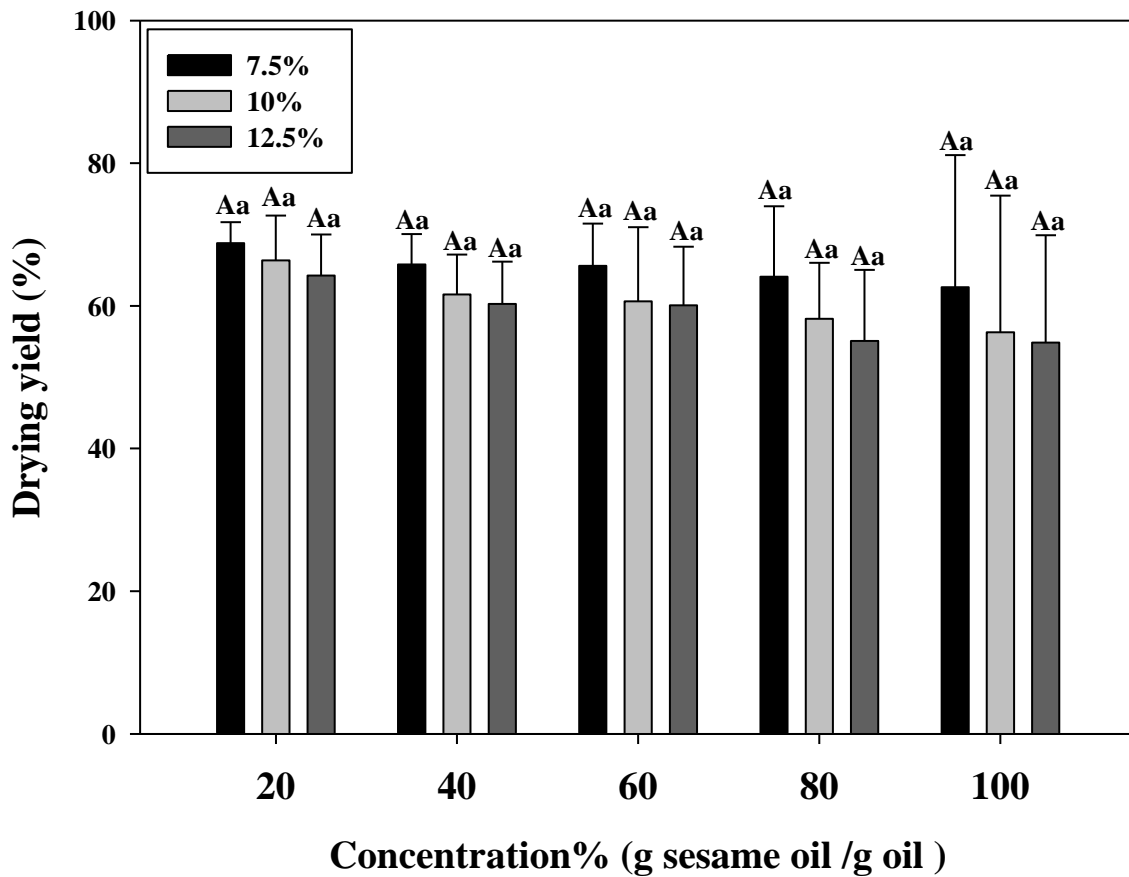


圖 6-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末產率之影響。

Fig.6-1. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on drying yield of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

6.1.2 不同調和濃度及油添加量之水分含量結果

水分含量是產品保質期的重要變因(Mohammed *et al.*, 2017)，在食品工業的粉體產品中，一般水分含量應低於 5%，方能長期保存。水分的存在可能會影響產品的黏性而造成粉末在儲存期間的結塊(Santana *et al.*, 2017)；此外，也增加了氧氣與被包覆的油脂的接觸性，提升脂質氧化的機率(Roccia *et al.*, 2014)。

由表 6-2 及圖 6-2 得結果可知，粉末產品水分的含量範圍為 4.02-5.87%，添加油 10%(調和濃度 100%)及添加油 12.5%(調和濃度 80%)之粉末油脂組別，分別為最高與最低。在每種調和濃度中，皆會隨著油脂添加量的增加而有顯著性的下降，在 Frascareli 等人(2012)研究中，同樣也發現了較高的咖啡油添加濃度，可以得到具有較低水分含量的粉末，並推論為由於油脂為疏水性材料，較多的油添加濃度，顯示在整體乳化液中有較少的水分含量，因此在相同的乾燥效能中，能夠得到具較低水分含量的結果。另外，在結果中也可以發現在添加 10%的油量時，隨著芝麻油的調和濃度增加，水分含量會顯著增加，Frascareli 等人(2012)指出當總固形物含量提高意味著乳化液會有較高的黏度及較少需要蒸發的水量，導致產品具有較低的水分含量，但是當黏度高於一定值時，乳化液黏度的增加反而降低了水的擴散力，使得粉末具有較高的水分含量。由這個論點可以推斷，因為不同調和濃度的油並不會影響乳化液中的總水量，但是卻會影響乳化液的黏度，因此可能是由於芝麻油的調和濃度增加導致乳化液黏度提高，水的蒸發擴散變得困難，而產生具有較高含水量的粉末油脂。

6.1.3 不同調和濃度及油添加量之水活性結果

水活性是噴霧乾燥粉末的重要指標，它與產品的貨架期有

表 6-2、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水分含量之影響。
 Table 6-2. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on moisture content of sesame oil powder¹.

Moisture content(%)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	5.30 ± 0.36 ^{Ab}	4.28 ± 0.10 ^{Aa}	4.13 ± 0.21 ^{Aa}
40	5.60 ± 0.20 ^{Ac}	4.50 ± 0.10 ^{ABb}	4.03 ± 0.06 ^{Aa}
60	5.73 ± 0.35 ^{Ac}	4.33 ± 0.15 ^{Bb}	4.10 ± 0.20 ^{Aa}
80	5.37 ± 0.06 ^{Ab}	5.07 ± 0.06 ^{Ca}	4.02 ± 0.31 ^{Aa}
100	5.80 ± 0.20 ^{Ab}	5.87 ± 0.15 ^{Db}	4.30 ± 0.20 ^{Aa}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

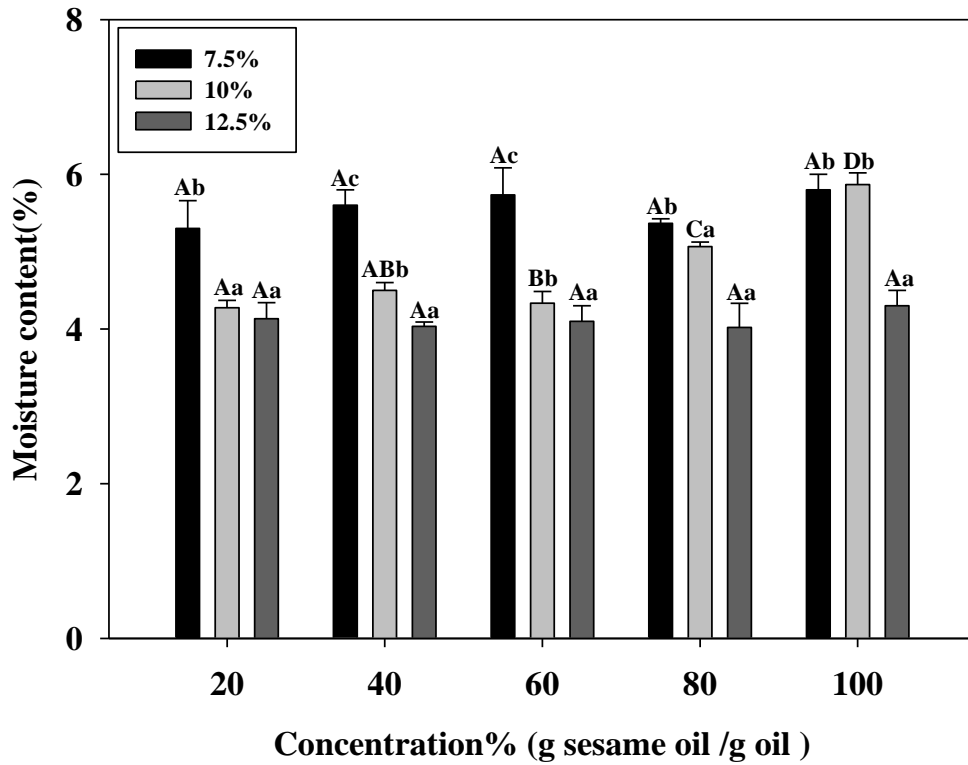


圖 6-2、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水分含量之影響。

Fig. 6-2. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on moisture content of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly ($p < 0.05$).

關，越高的水活性顯示有較多的自由水使得劣化反應容易發生，因而縮短了保質期(Vardin & Yasar, 2012) 。水活性為在密閉空間中，某食品的飽和蒸氣壓與相同溫度下純水的飽和蒸氣壓的比值，因此水活性儀的測定原理是利用儀器中的露點感測器量測量樣品空間中的露點溫度，由露點溫度推算出空間中的飽和蒸氣壓，並藉由遠紅外線溫度計測量樣品溫度，以此去推算出樣品的蒸氣壓與空間溫度下純水的飽和蒸氣壓換算之比值，算出產品的水活性。

依表 6-3 及圖 6-3 的數據顯示，添加油 7.5%(調和濃度 40%) 及添加油 10%(調和濃度 100%)的粉末油脂成品，分別具有最高及最低的水活性，粉末油脂的水活性介於 0.536-0.661，為低的水活性，不易受到微生物及生化反應作用而造成產品品質的劣變，並且可以觀察到其隨油的添加量增加，水活性跟著顯著下降，趨勢類似於水份分析之結果，因此同樣如 Frascareli 等人 (2012)對於水分含量的推斷為因油的疏水性，然而調和濃度卻與水分的結果呈現相反的趨勢，當調和濃度上升，水活性會顯著下降，但這也應證了當乳化液黏度高，粉末中的水分擴散變得困難，由於水活性分析儀的測定原理便是利用水分擴散的蒸氣壓去進行換算，因此導致粉末雖然會有比較高的水分含量，但是卻有較低的水活性。

6.1.4 不同調和濃度及油添加量之油脂含量、保油率、表面油脂量、包覆率結果

使用噴霧乾燥進行油的微膠囊化，包覆率是個重要的參數 (Bae & Lee, 2008)，成功的微膠囊粉末油脂，必須具有小的表面油脂量並且保留最多活性物質 (Carneiro *et al.*, 2013)，粉末油脂的包覆率可以透過表面油脂量與粉末的總油脂含量間接推算。而噴霧乾燥的製程中，高溫可能會引發油的揮發或是由於沾黏

表 6-3、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水活性之影響。

Table 6-3. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on water activity of sesame oil powder¹.

Water activity			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	0.655 ± 0.005 ^{Cc}	0.612 ± 0.005 ^{BCb}	0.578 ± 0.002 ^{Ca}
40	0.661 ± 0.009 ^{Cc}	0.625 ± 0.004 ^{Cb}	0.546 ± 0.003 ^{Ba}
60	0.660 ± 0.005 ^{Cc}	0.623 ± 0.008 ^{Cb}	0.573 ± 0.009 ^{Ca}
80	0.641 ± 0.012 ^{Bc}	0.600 ± 0.007 ^{Bb}	0.574 ± 0.004 ^{Ca}
100	0.506 ± 0.001 ^{Ab}	0.541 ± 0.010 ^{Aa}	0.536 ± 0.003 ^{Aa}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

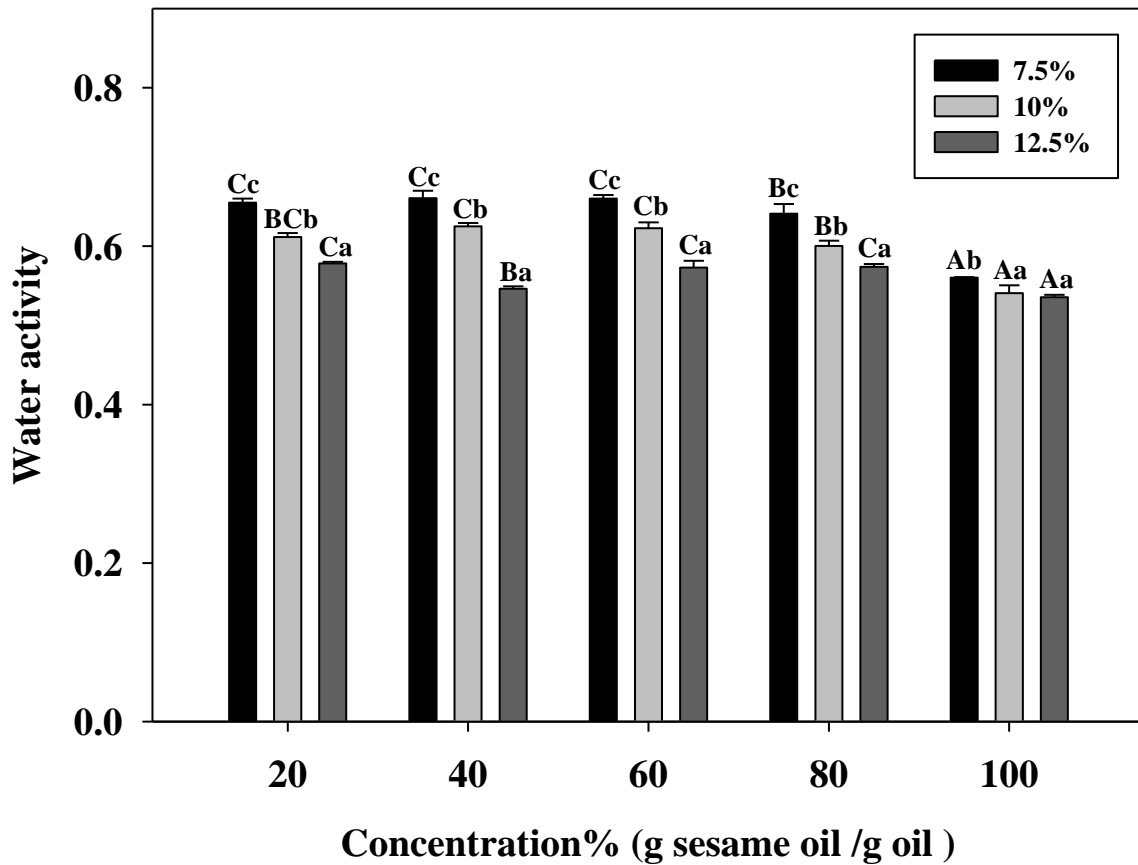


圖 6-3、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末水活性之影響。

Fig. 6-3. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on water activity of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

於乾燥室表面，而造成耗損，故保油率的推算可以了解整體生產效益(Frascareli *et al.*, 2012)。

根據表 6-4 及圖 6-4 所示，粉末中油脂含量在添加 7.5% 的油脂時，會隨調和濃度上升而有顯著性的增加(39.91-44.11%)，並隨油脂添加量增加，油脂含量會顯著的增加，不同調和濃度及油添加量在保油率(表 6-5 及圖 6-5)的結果顯示，除調和濃度 80% 之外，其餘的組別皆會隨著油脂添加量增加而顯著性的上升，並且僅在 7.5% 的組別，保油率會隨著調和濃度增加，產生顯著性的上升(84.22-93.07%)，依表 6-6 及圖 6-6 可知，當油脂添加量增加，在各調和濃度下表面油脂量皆顯著性的增加，但油添加量的部分，僅有 7.5% 的組別隨調和濃度上升，表面油脂量顯著性的減少(30.50-24.79%)，包覆率(表 6-7 及圖 6-7)則在油添加量 7.5% 時，會隨著調和濃度上升，產生顯著性的增加(23.59-43.78%)，並在調和濃度 80、100% 時，包覆率隨油脂添加量增加而顯著性的下降。

Tonon 等人在 2011 的研究指出，油的添加濃度會對包覆效果產生負面的影響，當油濃度越高，包覆效率越低。Jafari 等人(2008) 也提到了，當乳化液的黏性上升，可以促進表面快速乾燥，粉末顆粒快速形成，產生具良好包覆率的粉末，但當更高的載油量會造成會有較多的芯材接近乾燥的表面，使得空氣和顆粒界面的擴散路徑變短，導致壁材料容易產生如圖 6-8 縮皺導致破裂的現象，造成較高的表面油脂量，Frascareli 等人(2012) 的研究也顯示出當添加油量增加會導致不佳的包覆情形產生，並且較高的總固形物及低的油濃度，所形成的乳化液黏度較高，能夠快速的達到形成內外平衡的外殼，防止內部的油因為外殼破裂被釋放出來，暴露於高溫的乾燥空氣產生揮發而影響保油率及降低整體油脂含量(Frascareli *et al.*, 2012)。

表 6-4、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末油脂含量之影響。

Table 6-4. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on oil content of sesame oil powder¹.

Oil content(%)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	39.91 ± 0.43 ^{Aa}	52.44 ± 1.05 ^{Ab}	58.62 ± 0.81 ^{Ac}
40	41.93 ± 0.52 ^{Ba}	52.21 ± 0.58 ^{Ab}	59.39 ± 0.45 ^{Ac}
60	43.17 ± 1.03 ^{BCa}	52.21 ± 0.16 ^{Ab}	58.52 ± 1.06 ^{Ac}
80	44.07 ± 1.19 ^{Ca}	52.27 ± 1.73 ^{Ab}	58.43 ± 0.50 ^{Ac}
100	44.11 ± 0.52 ^{Ca}	52.85 ± 0.41 ^{Ab}	59.45 ± 0.96 ^{Ac}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

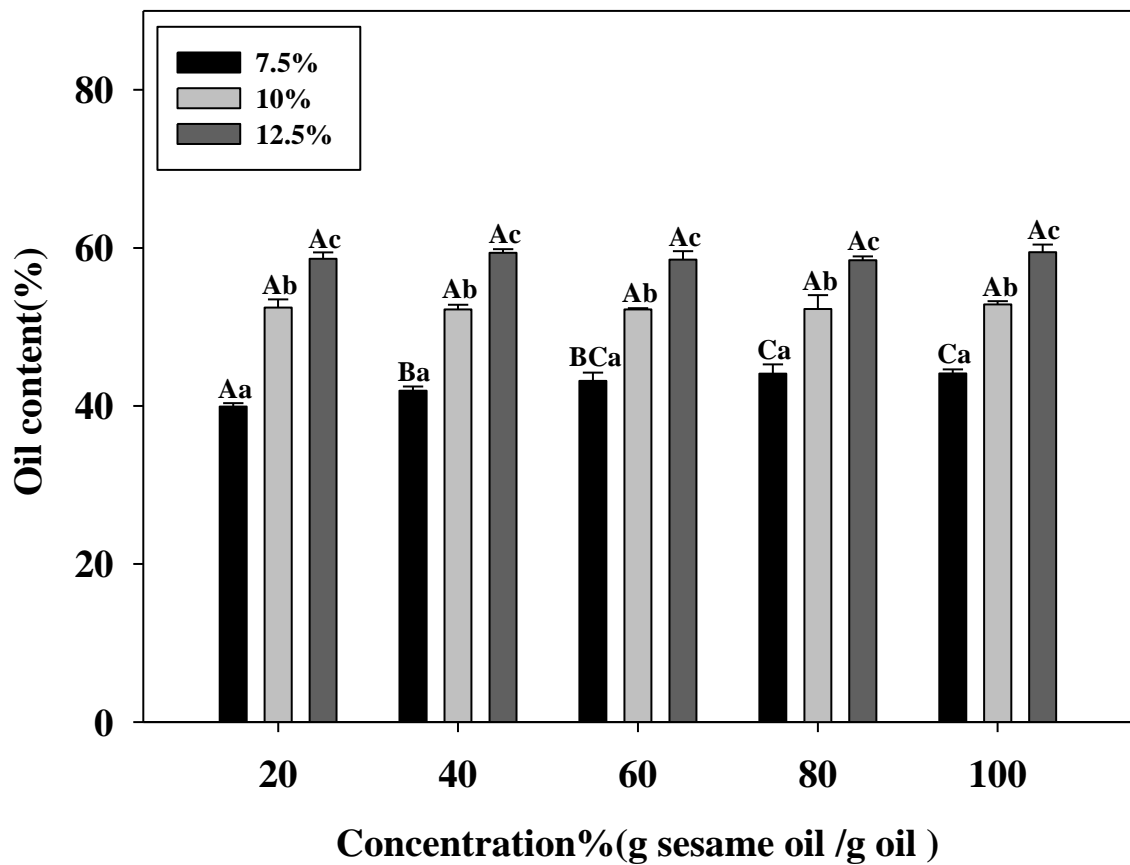


圖 6-4、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末油脂含量之影響。

Fig. 6-4. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on water activity of sesame oil powder ¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

表 6-5、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末保油率之影響。

Table 6-5. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on oil retention of sesame oil powder¹.

		Oil retention (%)		
		Concentration% (g oil / g emulsion)		
Concentration% (g sesame oil / g oil)		7.5	10	12.5
20		84.22 ± 0.91 ^{Aa}	94.92 ± 1.90 ^{Ab}	95.56 ± 1.32 ^{Ab}
40		88.47 ± 1.10 ^{Ba}	94.51 ± 1.05 ^{Ab}	96.80 ± 0.74 ^{Ab}
60		91.10 ± 2.18 ^{BCa}	94.49 ± 0.29 ^{Ab}	94.30 ± 0.27 ^{Ab}
80		93.00 ± 2.51 ^{Ca}	94.62 ± 3.13 ^{Aa}	93.77 ± 1.83 ^{Aa}
100		93.07 ± 1.09 ^{Ca}	95.66 ± 0.75 ^{Ab}	96.90 ± 1.57 ^{Ac}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration% (g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

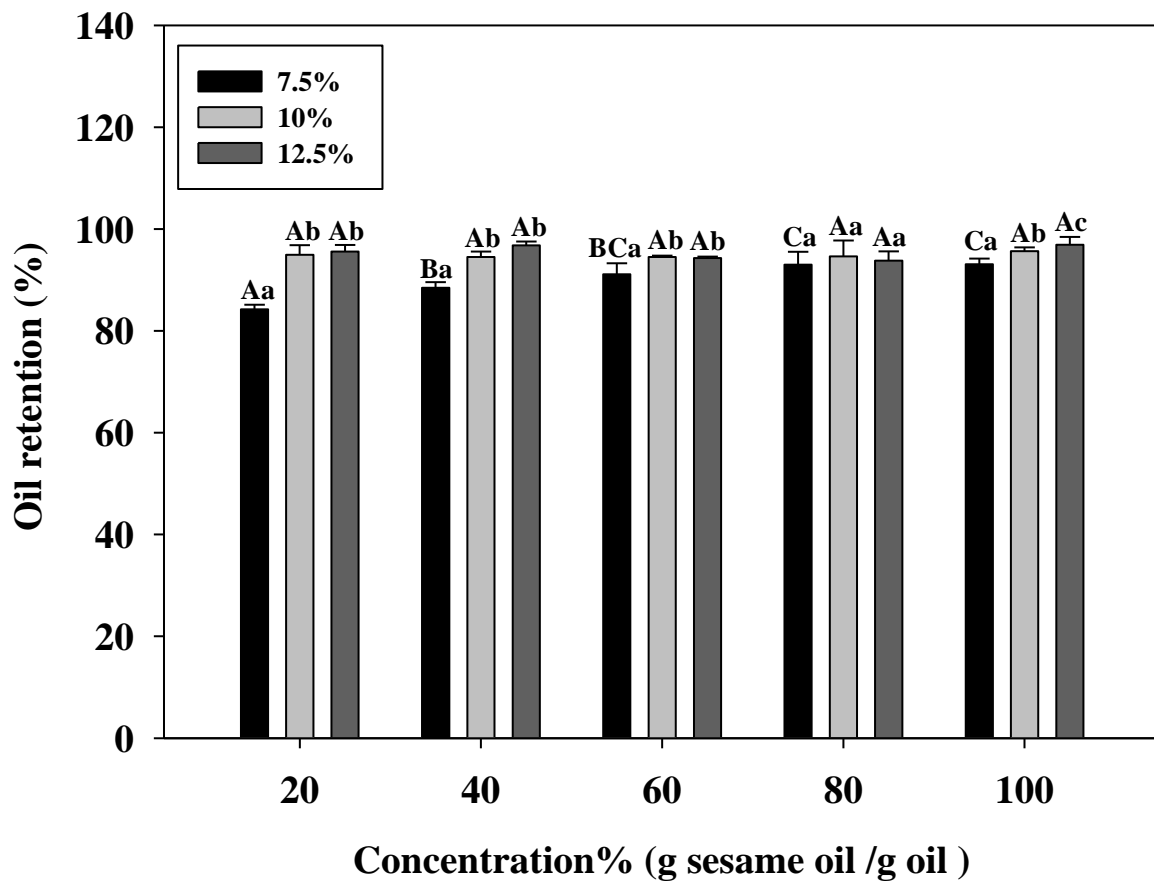


圖 6-5、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末保油率之影響。

Fig. 6-5. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on oil retention of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

表 6-6、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面油脂含量之影響。

Table 6-6. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on surface oil of sesame oil powder ¹.

Surface oil (%)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	30.50 ± 0.85 ^{Ba}	34.47 ± 2.11 ^{Aab}	42.84 ± 0.71 ^{Ab}
40	30.39 ± 0.10 ^{Ba}	34.49 ± 1.79 ^{Ab}	40.45 ± 2.21 ^{Ac}
60	30.95 ± 0.59 ^{Ba}	34.03 ± 1.53 ^{Aab}	40.78 ± 3.73 ^{Ab}
80	24.82 ± 2.35 ^{Aa}	36.53 ± 1.97 ^{Ab}	40.86 ± 1.78 ^{Ac}
100	24.79 ± 0.81 ^{Aa}	35.50 ± 0.37 ^{Ab}	41.78 ± 1.73 ^{Ac}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

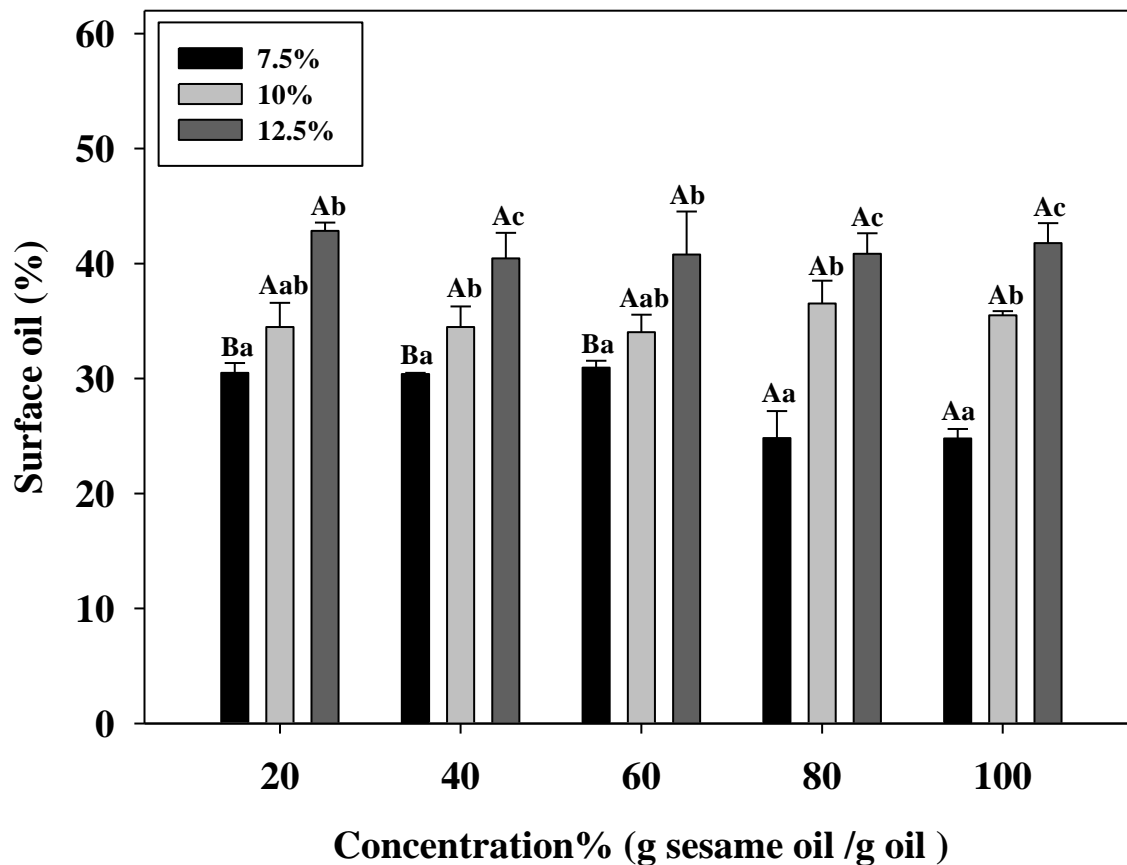


圖 6-6、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面油脂含量之影響。

Fig. 6-6. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on surface oil of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly ($p < 0.05$).

表 6-7、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末包覆率之影響。

Table 6-7. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on encapsulation efficiency of sesame oil powder ¹.

Encapsulation efficiency (%)			
Concentration% (g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	23.59 ± 1.96 ^{Aa}	34.30 ± 2.72 ^{ABb}	26.91 ± 1.00 ^{Aa}
40	27.50 ± 0.95 ^{Aa}	33.96 ± 2.68 ^{ABb}	31.88 ± 3.84 ^{Aab}
60	28.28 ± 2.95 ^{Aa}	34.82 ± 2.99 ^{Ba}	30.22 ± 7.49 ^{Aa}
80	43.58 ± 6.71 ^{Bb}	30.15 ± 1.79 ^{Aa}	30.05 ± 3.55 ^{Aa}
100	43.78 ± 2.25 ^{Bb}	32.83 ± 0.84 ^{ABb}	29.74 ± 2.24 ^{Aa}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

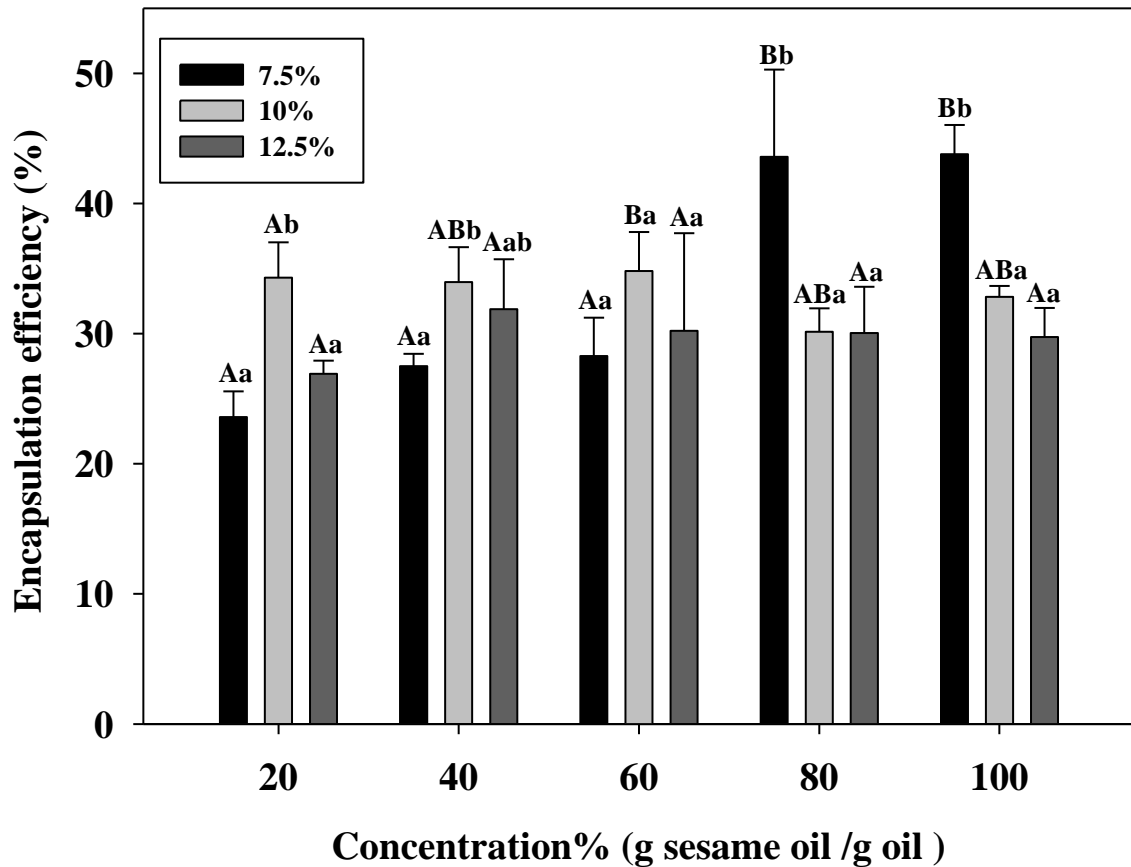


圖 6-7、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末包覆率之影響。

Fig. 6-7. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on encapsulation efficiency of sesame oil powder ¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

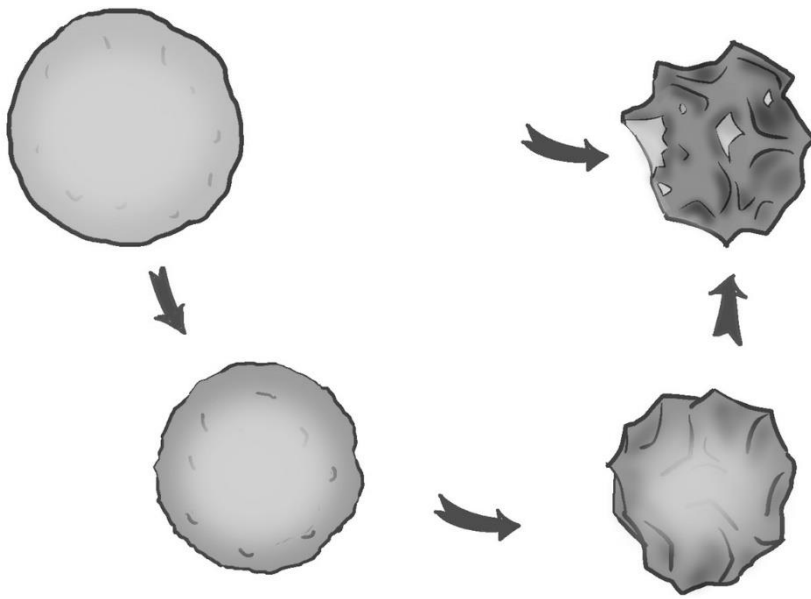
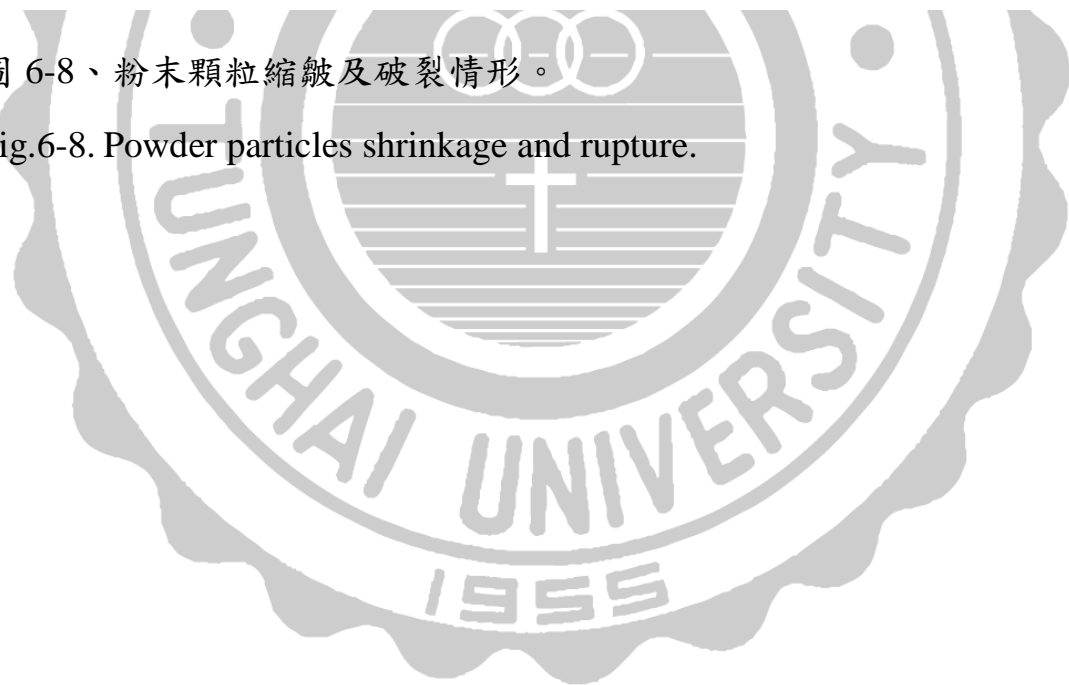


圖 6-8、粉末顆粒縮皺及破裂情形。

Fig.6-8. Powder particles shrinkage and rupture.



然而，僅有表面油脂量及包覆率的結果類似於文獻，由於油脂含量的增加，造成單位油滴受到壁材包覆、保護的量及完整度減少了，導致較低的包覆率及較高的表面油脂。保油率、油脂含量的結果呈現與文獻相反的趨勢，原因推測為粉末油脂顆粒雖然發生了破裂使的包覆率降低及表面油脂上升，然而破裂階段不發生在與高溫熱風接觸的期間，而是在溫度大約為 80-90°C 的冷卻階段，才產生縮皺破裂，故受到溫度影響較少，油脂並沒有明顯的揮發情形，因此才會隨著油脂添加量及調和濃度增加，乳化液具有較高的黏性，使霧化液滴在乾燥階段快速形成粉末顆粒保護內部油脂不受高溫影響，而有較高的油脂含量及保油率。

6.1.5 不同調和濃度及油添加量之鬆散假密度、緊密假密度、黏性指標結果

高密度的粉末油脂相較於低密度的產品，可以儲存在更小的容器、包裝中，此外較高的堆積密度，顯示顆粒之間會存在較少的空氣，由此減緩氧化發生的情形(Carneiro *et al.*, 2013)。

假密度的測定可推測出粉體粒徑的尺寸、中空結構與其結構的強度。越小的粉末有更多可以自由移動的空間，因此粉末間의 交互作用力較弱(如凡德瓦力)，整體的結構易崩塌，而有較高的鬆散假密度及緊密假密度。鬆散假密度的敲擊次數為 3，這樣的能量並不會破壞粉末間的結構，因此具有較低的鬆散假密度不僅表示粉末間具有較大結構強度(黏性較高)，也代表粉末粒徑較大且結構中空。在敲擊 10 次時，為緊密假密度，此階段粉末之間的結構及交互作用在多次的敲擊過程中被破壞，使粉末間距緊密，更能夠說明粉末的粒徑大小與結構狀態。緊密假密度相對於鬆散假密度不受粉末間結構與交互作用的影響，故

將緊密假密度除鬆散假密度所得 Hausner ratio(HR)可做為解釋粉末間黏度大小的依據(Abdullah & Geldart, 1999)。通常會將 1.25 以下的 HR 值判定為粉體具有良好的流動性，1.25~1.45 則為普通，1.45 以上表示流動性差，因為當黏性較大，粉體顆粒容易結塊或是摩擦力上升，而使流動性降低，因此在食品工業中通常會以粉體黏性作為流動性的指標，較差的流動性在後續加工過程中，會影響粉體原料的進料或充填情形，嚴重一點可能會導致無法進料及機器堵塞的情況(Winter *et al.*, 2010)。

由表 6-8 及圖 6-9 的結果觀察到，隨油脂添加量增加鬆散假密度也跟著顯著性上升，代表油的添加量增加會造成粒徑的減少，同樣的結果在 Mohammed 等人(2017)的研究中也被證實，當茴香油占總固形物濃度由 10% 增加至 30%，粉體粒徑是隨之減小的，他們推估油脂添加量增加使單位油滴被壁材包覆的量變薄了，因此在噴霧過程中較容易產生縮皺甚至破裂，使得粉體粒徑變小。隨芝麻油調和濃度上升，鬆散假密度則呈現顯著下降的趨勢，顯示出顆粒大小逐漸變大，在林(2010)的實驗結果中發現，隨著黏度增加，霧化顆粒會有變大的趨勢，這是由於黏度的增加產生的黏滯力，黏滯力是造成霧化過程中顆粒破碎的阻力，越黏的乳化液有越大的黏滯力，故使霧化器較難將液料破碎成小液滴，因此原因推論是由於芝麻油調和濃度增加導致乳化液黏性上升，使霧化器噴出來的液滴變大，而產生較大的粉體粒徑，使假密度降低，並且根據針對油脂含量(表 6-4 及圖 6-4)的推論，較黏的乳化液，可以促使粉體顆粒快速形成，因而得到較大的粉體粒徑。

緊密假密度(表 6-9 及圖 6-10)的結果也與鬆散假密度有相同的趨勢，也隨油脂的添加量增加而顯著性增加，並且由增加芝麻油調和濃度而顯著性減少。

表 6-8、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末鬆散假密度之影響。

Table 6-8. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on aerated bulk density of sesame oil powder¹.

Aerated bulk density(g/cm ³)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	0.216 ± 0.001 ^{Ea}	0.241 ± 0.002 ^{Db}	0.314 ± 0.001 ^{Dc}
40	0.204 ± 0.002 ^{Da}	0.245 ± 0.001 ^{Eb}	0.295 ± 0.001 ^{Cc}
60	0.187 ± 0.001 ^{Ca}	0.230 ± 0.002 ^{Cb}	0.314 ± 0.002 ^{Dc}
80	0.172 ± 0.001 ^{Ba}	0.218 ± 0.004 ^{Bb}	0.286 ± 0.001 ^{Bc}
100	0.161 ± 0.001 ^{Aa}	0.207 ± 0.001 ^{Ac}	0.192 ± 0.001 ^{Ab}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

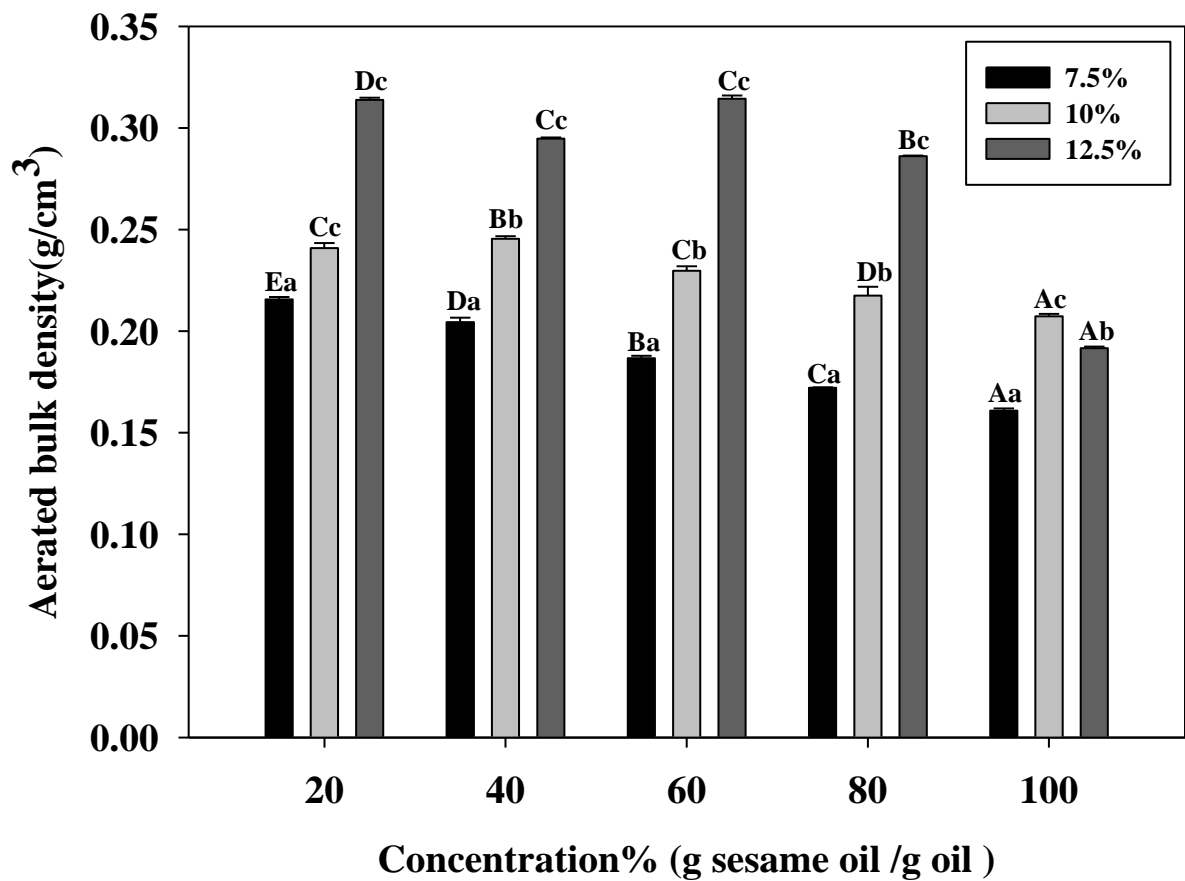


圖 6-9、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末鬆散假密度之影響。

Fig. 6-9. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on aerated bulk density of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly ($p < 0.05$).

粉末黏度的結果(表 6-10 及圖 6-11)並沒有顯示明顯的趨勢，但是黏性介於 1.14~1.45，皆低於 Winter 等人(2010)所指出的 1.45 以上表示為流動性差，因此可以確認到經由這個方式及條件所生產之粉末油脂，均有符合工業要求之流動性。

6.1.6 不同調和濃度及油添加量之溶解度結果

微膠囊粉末化提高了油在水中的溶解度，並可以避免油在錯誤的時間點流出，使得油的使用更加便利容易(Liolios *et al.*, 2009)，並以此影響到產品的應用空間。

根據表 6-11 及圖 6-12、圖 6-13 的數據結果，產品在 25°C 的溶解度為 65.80-77.65%，90°C 的溶解度為 66.23-83.60%，顯示即使油為疏水性材料，但所產生的粉末仍具有良好的溶解度，且可觀察到兩種水溫下溶解度皆會隨著油脂添加量上升而顯著性減少，同樣的現象也出現在 Mohammed 等人(2017)的研究中，當茴香油占總固形物濃度由 10% 增加至 30%，溶解度是呈現下降的趨勢。對照表 6-6 及圖 6-6 不同調和濃度及油添加量之表面油脂量與表 6-8 及圖 6-9 不同調和濃度及油添加量之鬆散假密度的結果，可以觀察到雖然當油脂添加量增加會使的粉體顆粒變小，但是表面油脂量卻會提高，因此導致顆粒中的粉受到油的保護，使得溶解性降低。調和比例的部分僅在 10% 的油添加濃度下，可以觀察到溶解度隨調和比例上升而顯著性增加。此外，可以發現 25°C 的水溫下溶解情形僅有添加油 7.5%(調和濃度 40、60 及 100%)與添加油 10%(濃度 100%)與 90°C 的水溫有顯著性較低外，大部分的產品溶解度並沒有顯著性差異，顯示產品即使在冷水中也有相當好的溶解性。

表 6-9、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末緊密假密度之影響。
 Table 6-9. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on tapped bulk density of sesame oil powder¹.

Tapped bulk density(g/cm ³)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	0.264 ± 0.001 ^{Ea}	0.298 ± 0.003 ^{Cb}	0.386 ± 0.001 ^{Dc}
40	0.261 ± 0.003 ^{Da}	0.279 ± 0.001 ^{Bb}	0.358 ± 0.001 ^{Cc}
60	0.246 ± 0.002 ^{Ba}	0.297 ± 0.003 ^{Cb}	0.359 ± 0.002 ^{Cc}
80	0.250 ± 0.001 ^{Ca}	0.307 ± 0.006 ^{Db}	0.334 ± 0.001 ^{Bc}
100	0.215 ± 0.001 ^{Aa}	0.273 ± 0.002 ^{Ac}	0.268 ± 0.001 ^{Ab}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

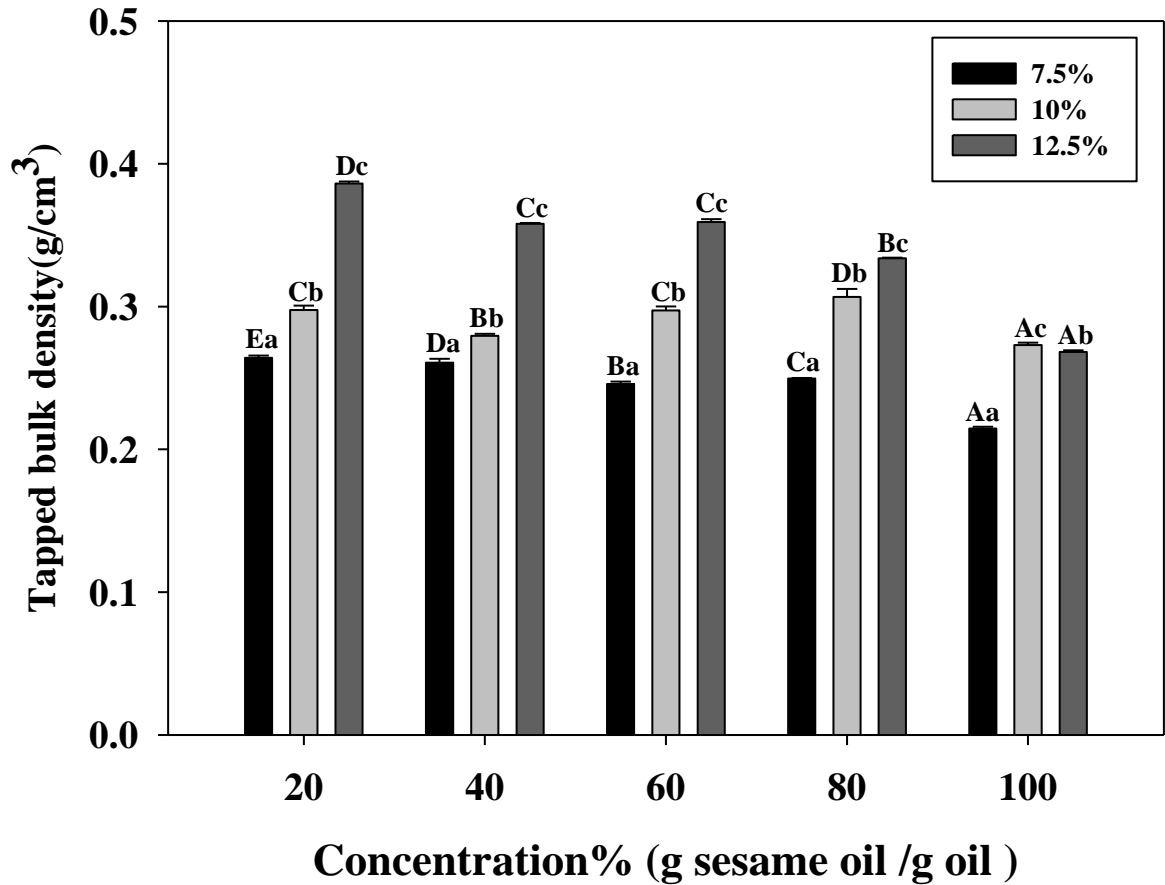


圖 6-10、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末緊密假密度之影響。
 Fig. 6-10. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on tapped bulk density of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration% (g sesame oil / g oil) differ significantly ($p < 0.05$).

表 6-10、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末黏性指標之影響。
 Table 6-10. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on hausner ratio of sesame oil powder¹.

Hausner ratio			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	1.228 ± 0.003 ^{Aa}	1.235 ± 0.001 ^{Bb}	1.231 ± 0.001 ^{Da}
40	1.278 ± 0.003 ^{Bc}	1.139 ± 0.001 ^{Aa}	1.214 ± 0.001 ^{Cb}
60	1.317 ± 0.001 ^{Cc}	1.294 ± 0.001 ^{Cb}	1.143 ± 0.001 ^{Aa}
80	1.450 ± 0.001 ^{Ec}	1.411 ± 0.001 ^{Eb}	1.167 ± 0.001 ^{Ba}
100	1.333 ± 0.001 ^{Db}	1.317 ± 0.001 ^{Da}	1.400 ± 0.001 ^{Ec}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

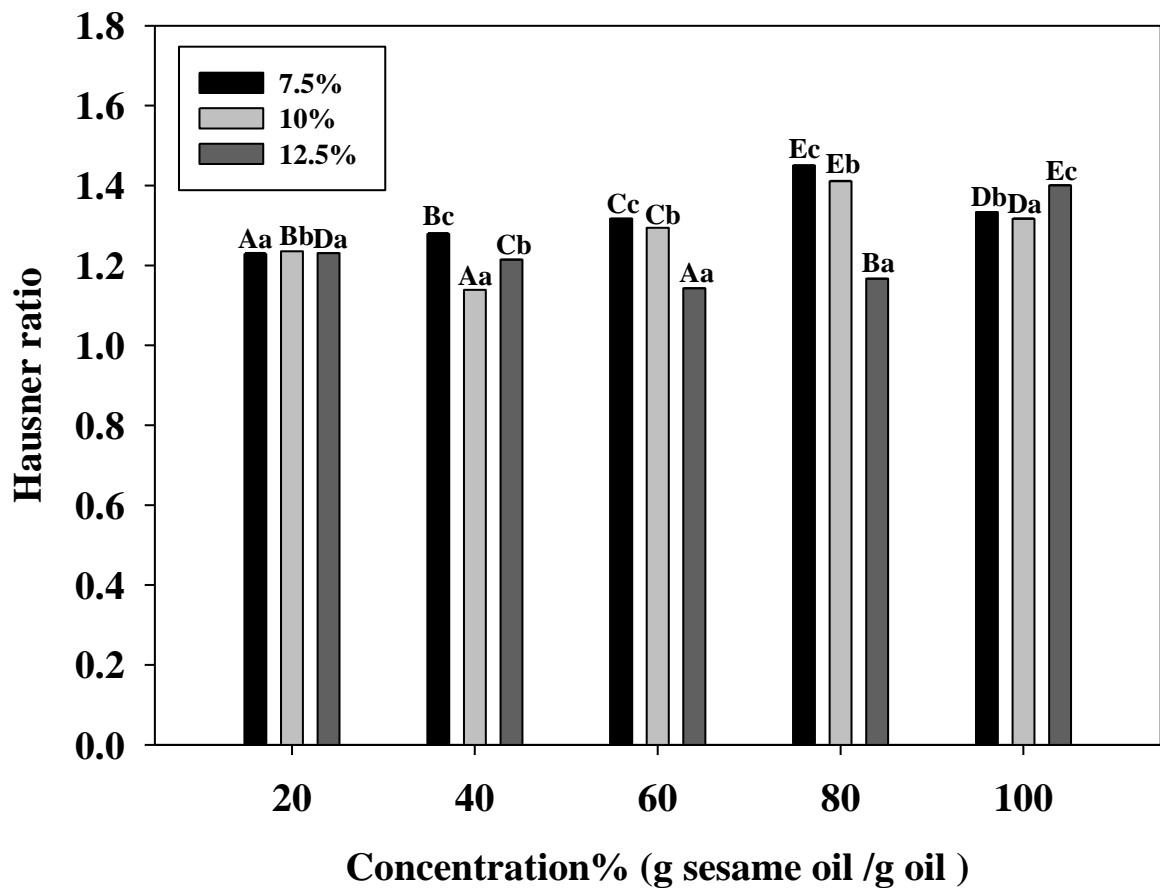


圖 6-11、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末黏性指標之影響。

Fig. 6-11. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on hausner ratio of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

表 6-11、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末溶解度之影響。

Table 6-11. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on solubility of sesame oil powder ¹.

Temp(°C)	Concentration% (g sesame oil / g oil)	Solubility(%)		
		Concentration%(g oil / g emulsion)		
		7.5	10	12.5
25	20	74.25 ± 3.69 ^{AbI}	67.62 ± 0.82 ^{AaI}	67.66 ± 1.57 ^{AaI}
	40	76.89 ± 0.59 ^{AbI}	70.50 ± 2.56 ^{Abal}	69.09 ± 0.94 ^{AaI}
	60	73.74 ± 2.06 ^{AbI}	72.85 ± 1.37 ^{BaI}	65.98 ± 2.42 ^{AaI}
	80	74.82 ± 1.30 ^{AbI}	73.89 ± 2.75 ^{BCbI}	65.80 ± 1.13 ^{AaI}
	100	73.55 ± 0.18 ^{AbI}	77.65 ± 2.80 ^{CbI}	66.00 ± 2.55 ^{AaI}
90	20	75.60 ± 1.35 ^{AbI}	69.44 ± 0.30 ^{AaII}	69.41 ± 1.17 ^{AaI}
	40	78.11 ± 0.66 ^{AbII}	74.88 ± 1.43 ^{BbI}	66.23 ± 2.46 ^{AaI}
	60	78.32 ± 2.48 ^{AbII}	75.13 ± 1.69 ^{BbI}	69.45 ± 1.06 ^{AaI}
	80	76.44 ± 1.34 ^{AbI}	75.92 ± 2.53 ^{BbI}	66.58 ± 1.99 ^{AaI}
	100	82.60 ± 0.92 ^{BbII}	83.60 ± 0.68 ^{CbII}	69.51 ± 2.92 ^{AaI}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

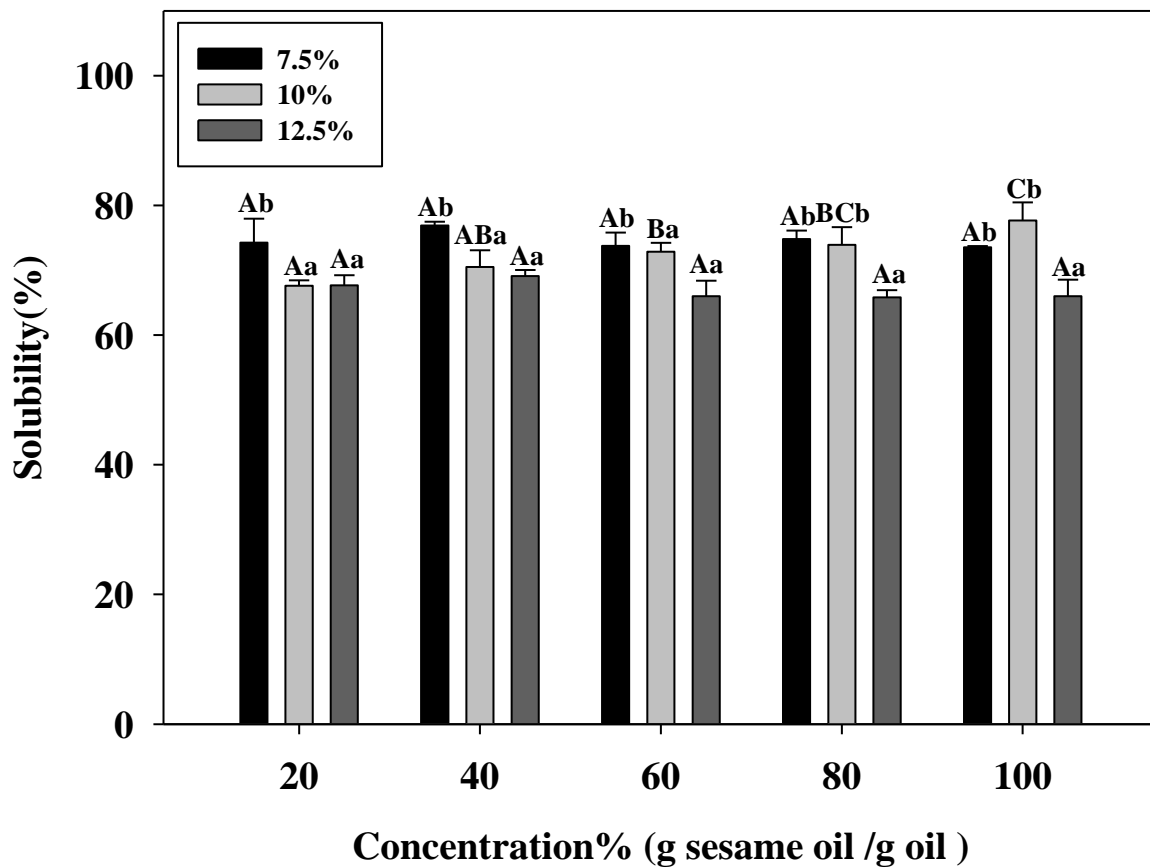


圖 6-12、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末在 25°C 水溫下溶解度之影響。

Fig. 6-12. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on solubility of sesame oil powder at 25°C water temperature¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

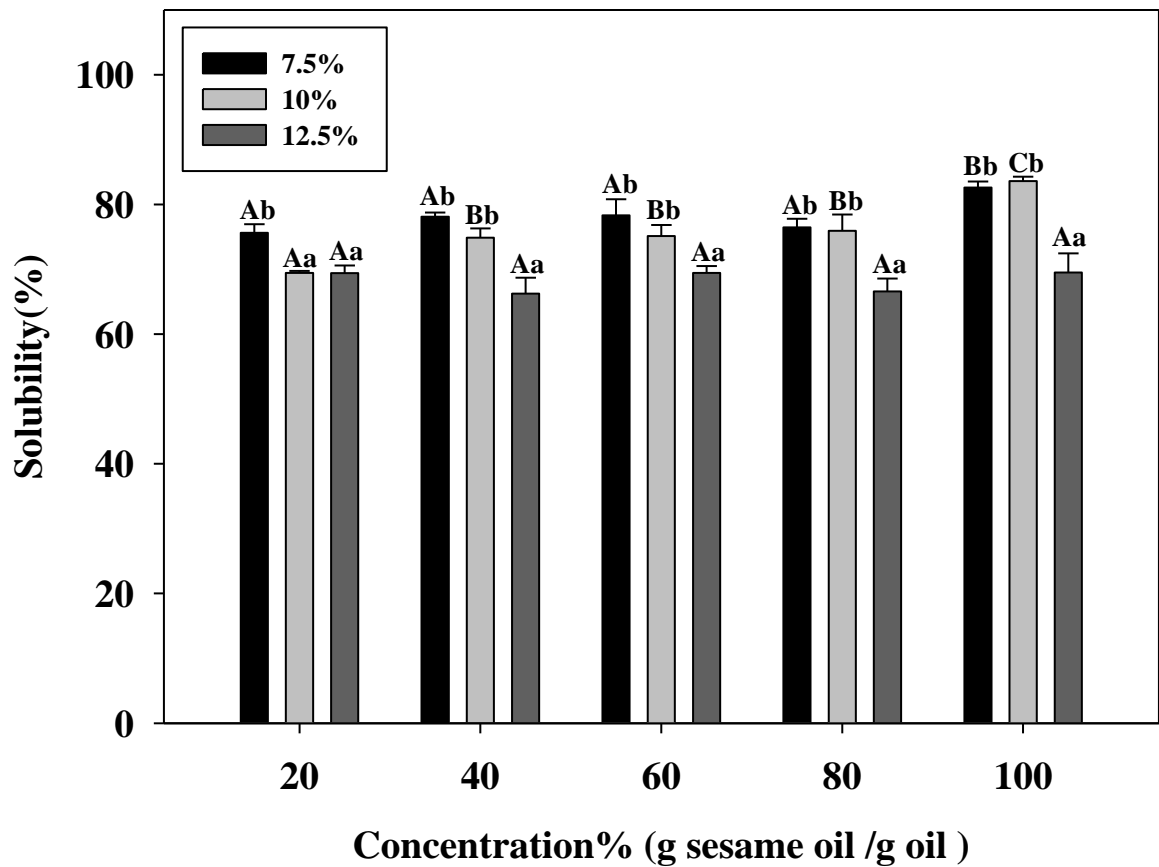


圖 6-13、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末在 90 °C 水溫下溶解度之影響。

Fig. 6-13. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on solubility of sesame oil powder at 90°C water temperature ¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

6.1.7 不同調和濃度及油添加量之吸濕性結果

吸濕性是粉體顆粒保存期限的關鍵因素，因水分的存在會影響到油脂氧化過程，並且會在粉末顆粒之間形成液橋，連續吸水可能會導致粉末產生黏性導致結塊(Listiohadi *et al.*, 2005)。

由表 6-12 及圖 6-14 可知，不同條件下粉末吸濕性的範圍介於 1.52~3.75%，吸濕性都非常低，並且由數據可以得知，添加油量的增加會使的吸濕性顯著性降低，在 Frascareli 等人(2012)的研究中也觀察到當咖啡油占總固形物濃度由 10%增加至 30%時，由於油的疏水性質，故含量增加吸濕性會下降，另外，由表 6-6 及圖 6-6 表面油脂含量的結果，可以推測由於較高的表面油脂，使的粉體顆粒受到油的保護而降低吸濕性。然而調和比例沒有明顯的趨勢影響，所以證實了在工業化生產時，調和濃度不會強烈的影響吸濕性。

6.2 不同調和濃度及油添加量之表面型態觀察

表 6-13 為共 15 種不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末外觀，由於芝麻油的顏色較大豆油深，因此可以觀察到隨著芝麻油的調和濃度上升，所得的粉末成品具有更深的顏色，調和濃度較低則為較白。此外隨著油添加濃度的增加，粉末具有更深的顏色，由其在 100%的芝麻油粉末組別可以更明顯的觀察出，Zotarelli 等人(2017)的研究中也提到，加入麥芽糊精作為擔體，會稀釋粉末的顏色，因此有較多的載體濃度會得到較為白的顏色。

此外每種粉末都可發現結塊的情形，然而在表 6-12 及圖 6-14 的結果卻顯示粉末有低的吸濕性，因此再根據表 6-6 及圖 6-6 表面油脂含量的結果推測，由於粉末表面具有高的油脂量，故產生黏性而導致結塊。

表 6-12、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末吸濕性之影響。

Table 6-12. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on hygroscopicity of sesame oil powder¹.

Hygroscopicity (g/100g)			
Concentration%(g oil / g emulsion)			
Concentration% (g sesame oil / g oil)	7.5	10	12.5
20	3.36 ± 0.15 ^{Bc}	2.63 ± 0.22 ^{Bb}	2.00 ± 0.10 ^{BCa}
40	3.06 ± 0.15 ^{Ac}	2.65 ± 0.03 ^{Bb}	2.04 ± 0.05 ^{Ca}
60	3.18 ± 0.05 ^{ABc}	2.59 ± 0.24 ^{ABb}	1.86 ± 0.14 ^{BCa}
80	3.00 ± 0.06 ^{Ab}	2.19 ± 0.35 ^{Ab}	1.77 ± 0.11 ^{Ba}
100	3.75 ± 0.15 ^{Cb}	3.56 ± 0.20 ^{Cb}	1.52 ± 0.18 ^{Aa}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3) .Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05).

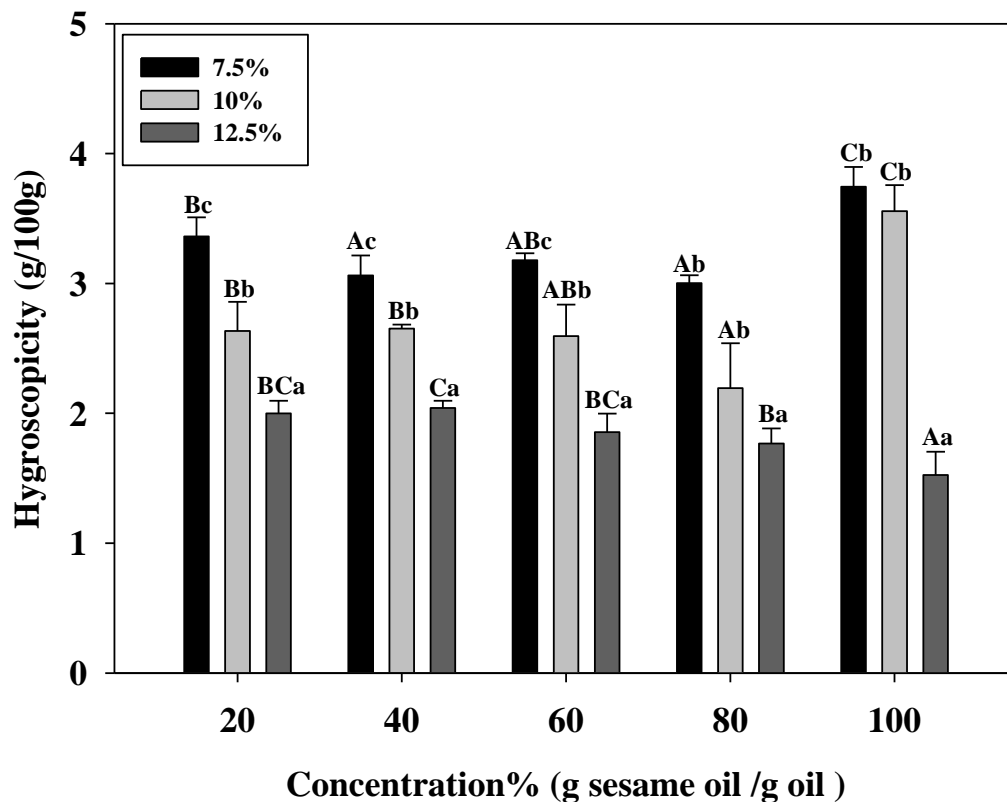


圖 6-14、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末吸濕性之影響。

Fig. 6-14. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on hygroscopicity of sesame oil powder¹.

¹ Each value are expressed as Mean \pm SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration%(g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) differ significantly ($p < 0.05$).

表 6-13、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末表面型態之影響。

Table 6-13. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on appearance of sesame oil powder .

Concentration% (g oil / g emulsion)	Appearance				
	Concentration%(g sesame oil / g oil)				
	20	40	60	80	100
7.5					
10					
12.5					

6.3 化性分析

6.3.1 不同調和濃度及油添加量之油脂過氧化價結果

考慮噴霧乾燥用於粉末化油脂之可用性，評估其在儲存期間的穩定性和功能性是很重要的，在目前的分析中最常使用的方式便是過氧化值(peroxide value；POV)得測定。

表 6-14-1 及圖 6-15、圖 6-16、圖 6-17 為芝麻油粉末在噴霧乾燥完成的第一天及以不透光鋁箔袋密封包裝保存於常溫與 60°C 後的過氧化值，並以原料之芝麻油及大豆油做為控制組(表 6-14-2)進行比較，確認包覆後是否有達到油脂保護的效果。噴霧乾燥製程完成後，在添加油 7.5%(調和濃度 100%)的組別具有最低的過氧化值(0.95 meq/kg)，添加油濃度 12.5%(調和濃度 60%)則具有最高的過氧化值(8.38 meq/kg)，在結果中可以觀察到過氧化價除了調和濃度 20%之外，其餘的組別當油脂添加量由 7.5%增加到 12.5%時便會顯著性的上升，同樣的結果在 Mohammed 等人(2017)的研究中也出現當壁材料占總固形物濃度由 10%增加至 30%時，茴香油中的總酚物質含量是顯著性的高的，顯示較高濃度的壁材含量，可以提高芯材料的保護性。Tonon 等人(2011)也提到較低的總固形物含量和較高的油濃度，會產生較差的包覆效果，油受到保護的效果變差，使的氧化現象較為嚴重，而有較高的過氧化值。且根據表 6-6 及圖 6-6 表面油脂含量的結果，較高的油添加量導致較多的表面油脂，也可判斷出由於較多的油脂與外界環境接觸，造成油脂氧化情形的發生，另外，在添加 7.5%油脂的組別中，過氧化值隨調和濃度增加而顯著性的上升，張(2008)藉由以芝麻油調和大豆油來提高油脂安定性的研究中發現，通入 95°C 的純氧 8 小時的虐待實驗中，越高的芝麻油調和比例過氧化值會較低，由於芝麻油

表 6-14-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響。

Table 6-14-1. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on peroxide value of sesame oil powder¹.

Time Temp	Concentration% (g sesame oil / g oil)	POV(meq/kg)		
		Concentration%(g oil / g emulsion)		
		7.5	10	12.5
1 Day	20	5.67 ± 0.12 ^{Da III}	5.45 ± 0.04 ^{Aa III}	6.18 ± 1.07 ^{Aa III}
	40	3.58 ± 0.51 ^{Ca II}	5.84 ± 0.02 ^{ABa III}	8.20 ± 1.98 ^{Ab IV V VI}
	60	1.68 ± 0.57 ^{Ba I}	5.68 ± 0.53 ^{ABb III}	8.38 ± 1.06 ^{Ac V VI}
	80	1.27 ± 0.01 ^{Aba I}	5.75 ± 0.03 ^{ABb III}	6.41 ± 0.07 ^{Ac III IV}
	100	0.95 ± 0.01 ^{Aa I}	6.39 ± 0.63 ^{Bb III IV}	6.68 ± 0.89 ^{Ab III IV V}
7 Day 25°C	20	18.71 ± 0.22 ^{Ea VI VII}	20.51 ± 1.21 ^{Cab VII VIII}	21.14 ± 0.97 ^{Cb VIII}
	40	16.81 ± 0.66 ^{Da V VI}	17.80 ± 1.01 ^{Ba V VI}	18.60 ± 3.01 ^{BCa VI VII}
	60	13.92 ± 0.50 ^{Ca II III IV}	17.28 ± 0.24 ^{Bb V VI}	17.44 ± 1.78 ^{ABb V VI}
	80	11.80 ± 0.06 ^{Ba II}	16.09 ± 0.15 ^{Bab IV V}	14.23 ± 2.08 ^{Ab III IV}
	100	8.21 ± 0.15 ^{Aa I}	12.43 ± 1.43 ^{Ab II III}	13.97 ± 0.09 ^{Ab II III IV}

表 6-14-1、不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響(續)。

Table 6-14-1. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on peroxide value of sesame oil powder ¹.

Time Temp	Concentration% (g sesame oil / g oil)	POV(meq/kg)		
		Concentration%(g oil / g emulsion)		
		7.5	10	12.5
7 Day	20	97.91 ± 3.51 ^{Ca V VI VII}	108.84 ± 5.60 ^{Ca VII}	184.91 ± 13.37 ^{Cb X}
	40	81.82 ± 0.86 ^{Ba II III}	104.85 ± 4.47 ^{BCb VI VII}	143.44 ± 7.38 ^{Bc VIII}
	60	80.76 ± 0.39 ^{Ba II III}	98.50 ± 2.83 ^{Bb V VI VII}	102.27 ± 3.93 ^{Ab VI VII}
60°C	80	74.72 ± 0.33 ^{Aa II}	87.93 ± 4.39 ^{Ab III IV V}	95.08 ± 2.97 ^{Ac IV V VI}
	100	71.99 ± 2.97 ^{Aa II}	86.20 ± 3.05 ^{Ab III IV}	88.89 ± 5.16 ^{Ab III IV V}

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration% (g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05) using the same concentration%(g sesame oil / g oil) and different Roman numerals for the same storage environment(Table 6-14-2) differ significantly (p < 0.05).

表 6-14-2、芝麻油與大豆油在不同保存環境下過氧化價結果。

Table 6-14-2. Sesame oil and soybean oil in different preservation of the peroxide value results ¹.

Time	Temp		POV(meq/kg)
1 Day		Soybean oil	18.95 ± 3.26 ^{VII}
		Sesame oil	9.50 ± 0.01 ^{VI}
7 Day	25°C	Soybean oil	38.09 ± 0.29 ^{IX}
		Sesame oil	17.10 ± 0.06 ^{VVI}
7 Day	60°C	Soybean oil	154.90 ± 13.39 ^{IX}
		Sesame oil	27.21 ± 9.52 ^I

¹ Each value are expressed as Mean ± SE (n=3). Values with different letters (upper case) for the same concentration% (g oil / g emulsion) and different letters (lower case) using the same concentration% (g sesame oil / g oil) differ significantly (p < 0.05) using the same concentration% (g sesame oil / g oil) and different Roman numerals for the same storage environment (Table 6-14-2) differ significantly (p < 0.05).

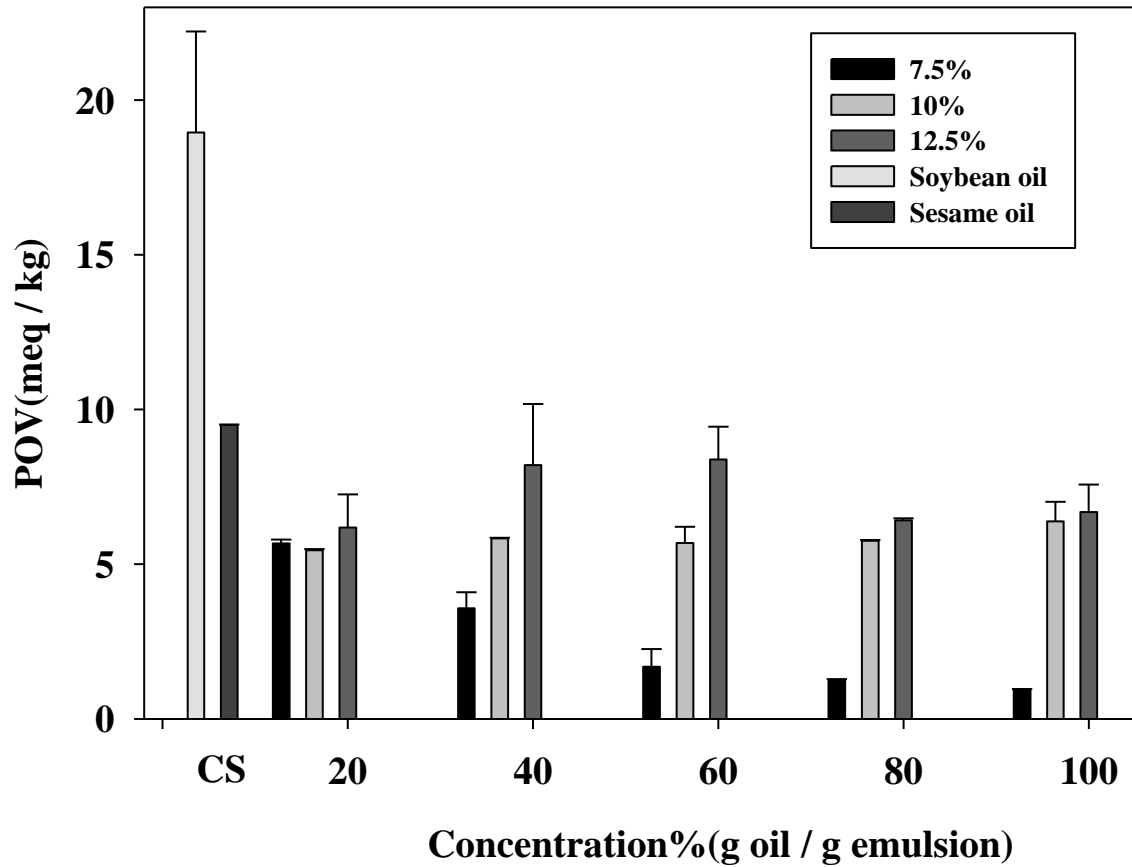


圖 6-15、在第一天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響。

Fig. 6-15. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on peroxide value of sesame oil powder on the first day.

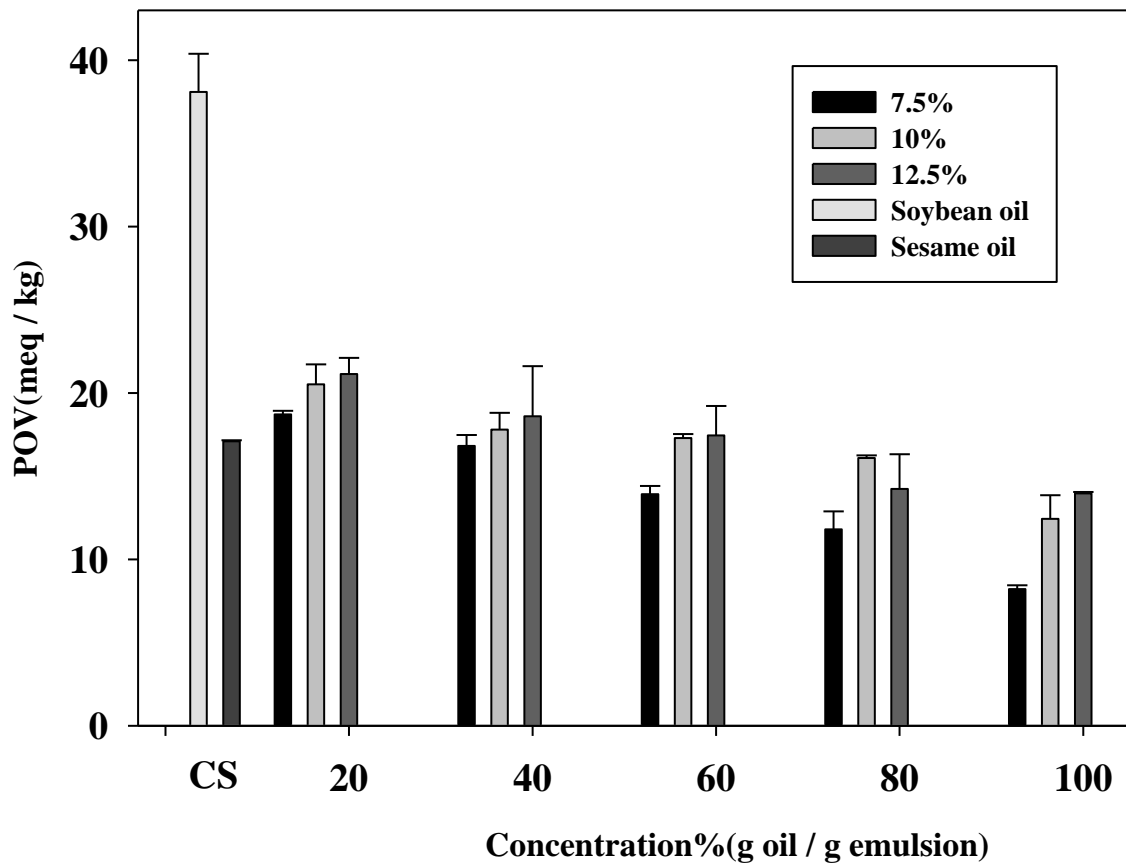


圖 6-16、在 25°C 儲存七天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響。

Fig. 6-16. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on peroxide value of sesame oil powder stored for 7 days at 25°C.

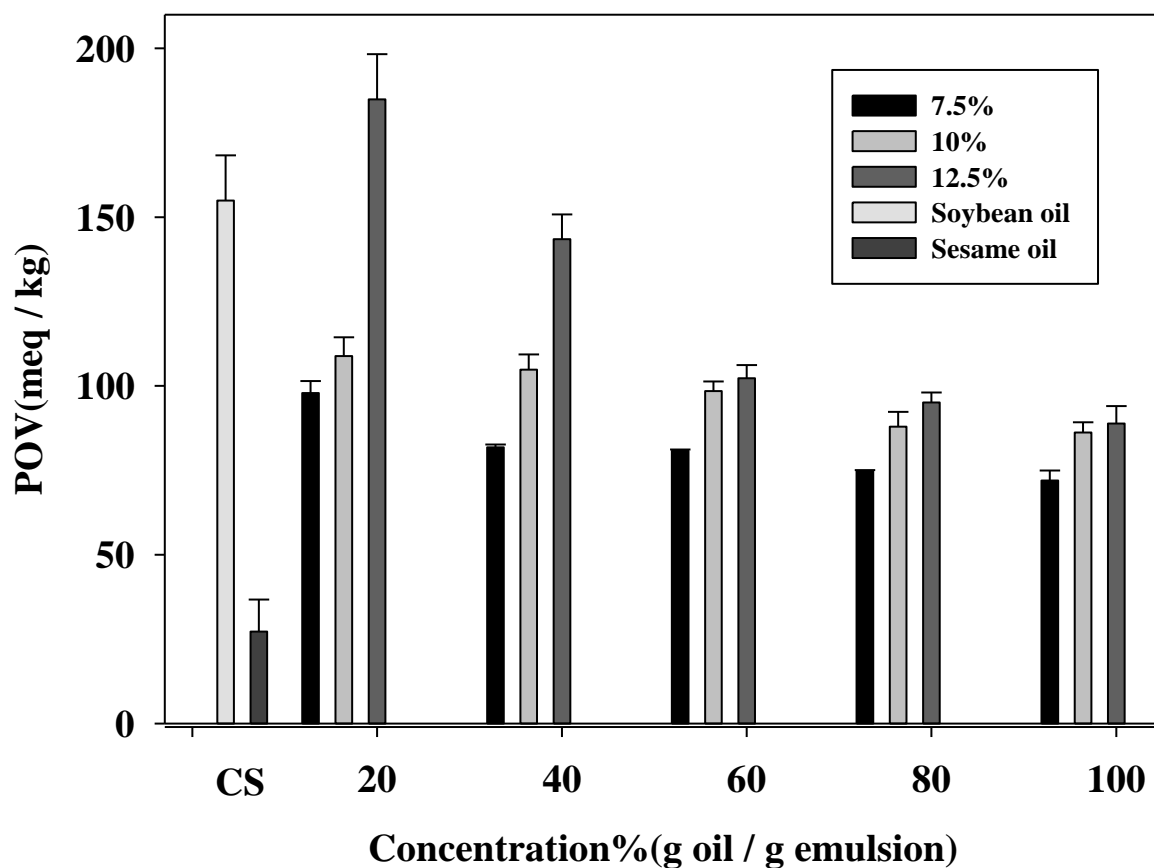


圖 6-17、在 60°C 儲存七天不同調和比例及油添加量對芝麻油粉末過氧化價之影響。

Fig. 6-17. Effect of different blending ratio and the amount of oil added on peroxide value of sesame oil powder stored for 7 days at 60°C.

中所含的抗氧化物質，可以提高氧化安定性，因此本實驗的芝麻油粉末油脂產品同樣也會因為較高的大豆油含量而導致較高的過氧化值。相比控制組芝麻油及大豆油的結果可知，所有組別在噴霧乾燥完成後，過氧化值皆顯著低於控制組，由於控制組皆為 1 公升塑膠瓶裝的油，開封至測定已經過一段時間，因此具有較高的過氧化值，但是也可以確認噴霧乾燥過程並沒有對油脂產生顯著的影響。

然而隨著儲存天數及溫度的提升，都可以觀察到芝麻油粉末的過氧化值是提高的，在 25°C 及 60°C 保存 7 天的結果中，過氧化值的範圍分別為 8.21-21.14 meq/kg 及 71.99-184.91 meq/kg 所有組別皆隨著調和濃度的增加，過氧化值顯著性的提高，調和濃度的部分除了 25°C 保存下 40% 的組別外，其餘組別皆隨著油脂添加量的增加而有顯著性的上升，產生同噴霧乾燥完成的第一天一樣的趨勢，因此推斷為同樣的原因。然而在常溫中，雖然所有組別過氧化值皆顯著的低於大豆油(38.09 meq/kg)，但僅有調和濃度 100% 及 80% 的所有油添加量及添加量 7.5% 的 40% 與 60% 調和油，顯著性低於控制組芝麻油(17.10 meq/kg)，由與控制組芝麻油同樣為 100% 芝麻油粉進行比較可以得知在常溫中透過包覆，粉末油脂確實是具有較好的穩定性的，然而在 60°C 保存下所有組別之過氧化值均顯著性的高於芝麻油(27.21 meq/kg)，且油添加量 12.5% 的 20% 調和油組別顯著的高於大豆油(154.90 meq/kg)，其餘組別皆低於此數值，Frascareli 等人(2012)觀察到咖啡油粉末在 25°C 的儲存期間並沒有顯示出過氧化值的增加，另一方面在 60°C 下的儲存，咖啡油粉的過氧化值上升了，但未包封的咖啡油顯示出更高的過氧化值，證實了經由微膠囊化可以提供油脂更好的保護作用，然而實驗的結果並不同於文獻的效果，表明了儲存穩定性中，此微膠囊化的

方式並不是有效的。

6.4 感官品評分析

6.4.1 不同調和濃度及油添加量之感官品評喜好度結果

在進行感官品評時為了不讓品評員造成疲乏，樣品數最多不得超過 6 組(劉和莊。2016)，因此使用調和濃度 20、60、100% 的各調和濃度(7.5、10、12.5%)作為品評樣品，並 9 組樣品以 9 取 6 的方式分配給 16 為以事先經過訓練的品評員，使每組樣品皆有 10 次的品評。此部分模擬將芝麻油粉作為調味粉，因此預先製成芝麻油粉拌合白麵條提供品評，並提供白麵條予品評員作為對照以區分出芝麻油粉與白麵條的感官品評項目來增加針對產品評分的精確度。

根據表 6-15 的結果顯示，添加 7.5、10%調和濃度 100%及添加 7.5%調和濃度 60%的芝麻油粉具有顯著性高的整體喜好度，分數介於「沒有喜歡或不喜歡」到「有點喜歡」，並且添加油 7.5%(調和濃度 100%)的芝麻油粉具有最高的分數(6.64)其餘的組別並沒有明顯的差異，評分介於「有點不喜歡」到「沒有喜歡或不喜歡」，外觀各組別間並沒以顯著性的差異，分數介於「稍微不喜歡」到「稍微喜歡」，風味在 100%的調和濃度中具有顯著性較高的分數，介於「沒有喜歡或不喜歡」到「有點喜歡」，添加油 7.5%(調和濃度 100%)的芝麻油粉同樣具有最高的分數(6.70)，口感方面添加 10、12.5%調和濃度 100%的芝麻油粉具有顯著性高的整體喜好度，分數介於「沒有喜歡或不喜歡」到「有點喜歡」。

由上述結果可以推測，消費可者較為喜愛芝麻油風味較濃的產品，然而整體喜好卻沒有顯示出添加油 12.5%(調和濃度 100%)芝麻油粉產品，因此推斷可能是由於太過濃烈的芝麻油

表 6-15、芝麻油粉感官品評之喜好度結果。

Table 6-15. Sensory evaluation in preference test for sesame oil powder^{1 2}.

	Concentration%(g oil / g emulsion)								
	7.5			10			12.5		
Concentration% (g sesame oil / g oil)	20	60	100	20	60	100	20	60	100
Overall	4.60 ± 2.50 ^{ABC}	5.70 ± 1.57 ^{BCD}	6.64 ± 1.43 ^D	4.50 ± 1.62 ^{ABC}	4.42 ± 1.38 ^{AB}	6.00 ± 1.15 ^{CD}	3.36 ± 1.12 ^A	4.50 ± 1.57 ^{ABC}	4.50 ± 1.08 ^{ABC}
Appearance	5.00 ± 2.11 ^{Ac}	5.40 ± 1.26 ^A	5.45 ± 1.75 ^A	5.08 ± 1.31 ^A	5.42 ± 1.00 ^A	6.00 ± 0.94 ^A	4.91 ± 0.94 ^A	4.83 ± 1.19 ^A	4.80 ± 1.48 ^A
Flavor	4.10 ± 2.08 ^{AB}	4.20 ± 2.04 ^{AB}	6.70 ± 1.77 ^C	4.58 ± 1.51 ^{AB}	4.25 ± 2.38 ^{AB}	6.20 ± 1.03 ^C	3.36 ± 1.29 ^A	4.58 ± 1.68 ^{AB}	5.36 ± 1.29 ^{BC}
Taste	5.10 ± 1.85 ^{AB}	5.50 ± 1.58 ^{ABC}	5.18 ± 1.40 ^{AB}	4.42 ± 1.38 ^A	5.08 ± 1.38 ^{AB}	6.50 ± 0.53 ^C	4.64 ± 1.03 ^{AB}	5.17 ± 1.11 ^{AB}	5.80 ± 1.62 ^{BC}

¹ Each value is expressed as mean ± SD (n=10). Means with different letters within a row are significantly different (p<0.05)

² Scores were given from 1-9 , 1=dislike very much, 5=average , 9=like very much

氣味或者油耗味導致消費者的整體喜好度降低。

6.4.2 不同調和濃度及油添加量之感官品評強度結果

強度分析利用品評員評斷產品項目的強弱程度，並說明 1 分為微弱之幾乎沒有的狀態，9 分為十分強烈，根據表 6-17 的結果，可以發現外觀及口感的強度，並沒有顯示出顯著性差異分數分別介於(3.65-2.17)及(1.36-2.82)，關於外觀及口感在品評前置說明作業中，請品評員以麵條上的粉末顆粒做為評估依據。風味的部分僅有芝麻味及油耗味有顯著性的差異，添加 10、12.5%的 100%芝麻油粉末被評斷出具有(4.60-5.50)強度的分數，添加 12.5%的 20%芝麻油粉末則被評斷為具有顯著性強的油耗味(4.09)，有此可知，添加超過 10%的 100%的芝麻油，品評員才可判斷出產品芝麻油風味的強弱差異，且由於添加 12.5%的 20%調和油具有最高的過氧化值，因此使品評員明顯的感受到較高的油耗味。

表 6-16、芝麻油粉感官品評之強度結果。

Table 6-16. Sensory evaluation in intensity test for sesame oil powder^{ab}.

Concentration% (g sesame oil / g oil)	Concentration%(g oil / g emulsion)								
	7.5			10			12.5		
	20	60	100	20	60	100	20	60	100
Appearance	3.00 ± 2.26 ^A	3.65 ± 2.32 ^A	3.55 ± 2.54 ^A	2.42 ± 2.07 ^A	2.75 ± 1.66 ^A	2.70 ± 1.57 ^A	2.36 ± 1.75 ^A	2.17 ± 1.64 ^A	2.60 ± 1.90 ^A
Taste	1.90 ± 1.60 ^A	2.40 ± 1.78 ^A	2.82 ± 2.48 ^A	2.17 ± 1.47 ^A	1.92 ± 0.79 ^A	1.80 ± 1.32 ^A	1.36 ± 0.67 ^A	1.58 ± 1.00 ^A	1.70 ± 1.34 ^A
sesame	2.70 ± 1.57 ^A	3.80 ± 2.15 ^A	3.55 ± 2.34 ^A	2.58 ± 1.56 ^A	4.10 ± 1.79 ^A	4.60 ± 2.50 ^{AB}	2.27 ± 1.74 ^A	3.00 ± 1.71 ^A	5.50 ± 2.01 ^B
Toast	1.50 ± 0.71 ^A	2.00 ± 1.70 ^A	1.91 ± 1.51 ^A	1.23 ± 0.45 ^A	2.42 ± 1.62 ^A	1.60 ± 0.84 ^A	1.45 ± 0.93 ^A	1.75 ± 1.22 ^A	1.40 ± 0.84 ^A
Bitterness	1.10 ± 0.32 ^A	1.80 ± 1.55 ^A	1.36 ± 0.50 ^A	1.25 ± 0.45 ^A	1.58 ± 1.44 ^A	1.90 ± 1.29 ^A	1.27 ± 0.47 ^A	1.42 ± 0.79 ^A	1.30 ± 0.67 ^A
Coffee	1.20 ± 0.63 ^A	1.90 ± 1.60 ^A	1.18 ± 0.40 ^A	1.25 ± 0.45 ^A	1.67 ± 1.44 ^A	1.70 ± 1.57 ^A	1.55 ± 0.93 ^A	1.42 ± 0.79 ^A	1.60 ± 0.84 ^A
Cocoa	1.00 ± 0.00 ^A	1.30 ± 0.67 ^A	1.18 ± 0.40 ^A	1.17 ± 0.39 ^A	1.42 ± 0.67 ^A	1.50 ± 0.85 ^A	1.36 ± 0.67 ^A	1.42 ± 1.00 ^A	1.20 ± 0.42 ^A
Oil consumption	2.80 ± 1.69 ^A	2.30 ± 1.06 ^A	1.73 ± 1.01 ^A	2.83 ± 1.34 ^A	1.83 ± 0.58 ^A	2.30 ± 0.82 ^A	4.09 ± 1.45 ^B	2.25 ± 1.14 ^A	2.20 ± 1.03 ^A
Rancidity	1.20 ± 0.42 ^A	1.20 ± 0.63 ^A	1.09 ± 0.30 ^A	1.25 ± 0.45 ^A	1.08 ± 0.29 ^A	1.10 ± 0.32 ^A	1.64 ± 1.03 ^A	1.42 ± 0.67 ^A	1.10 ± 0.32 ^A
Fetid	1.00 ± 0.00 ^A	1.10 ± 0.32 ^A	1.09 ± 0.30 ^A	1.00 ± 0.00 ^A	1.00 ± 0.00 ^A	1.00 ± 0.00 ^A	1.09 ± 0.30 ^A	1.08 ± 0.29 ^A	1.00 ± 0.00 ^A
Burned	1.10 ± 0.32 ^A	1.70 ± 1.57 ^A	1.36 ± 0.67 ^A	1.17 ± 0.39 ^A	1.50 ± 1.45 ^A	1.50 ± 1.08 ^A	1.36 ± 0.67 ^A	1.50 ± 0.80 ^A	1.50 ± 1.08 ^A
Greasy	3.80 ± 1.87 ^A	3.40 ± 2.17 ^A	2.55 ± 1.57 ^A	3.92 ± 2.19 ^A	3.67 ± 2.71 ^A	3.40 ± 2.07 ^A	3.64 ± 2.25 ^A	3.17 ± 2.44 ^A	3.50 ± 1.65 ^A
Mineral oil	1.90 ± 1.29 ^A	2.40 ± 2.07 ^A	1.27 ± 0.65 ^A	1.58 ± 1.00 ^A	1.75 ± 1.71 ^A	1.80 ± 1.62 ^A	1.64 ± 1.03 ^A	2.17 ± 1.75 ^A	1.70 ± 1.34 ^A
Straw	1.50 ± 0.71 ^A	1.60 ± 1.07 ^A	1.27 ± 0.65 ^A	1.33 ± 0.65 ^A	1.67 ± 0.89 ^A	1.50 ± 1.08 ^A	1.82 ± 0.98 ^A	1.58 ± 0.79 ^A	1.60 ± 0.97 ^A

^a Each value is expressed as mean ± SD (n=10) . Means with different letters within a row are significantly different (p<0.05).

^b Scores were given from 1-9 , 1= weak , 9= strong.

7. 結論

本實驗主要探討以噴霧乾燥法製作芝麻油粉在不同添加油量(7.5、10、12.5 g oil / g emulsion)及與大豆油調和濃度(20、40、60、80、100 g sesame oil / g oil)對粉末成品的品質影響，藉以評估芝麻油粉的發展應用空間。實驗結果顯示，不同條件的芝麻油並不會造成產率有顯著的變化，此外由於芝麻油的黏度較大豆油高，並具有良好的安定性，因此較高的芝麻油調和濃度，會使的整體乳化液的黏性提高，導致乳化液中的水分擴散能力降低及快速的表面乾燥以形成粉末顆粒，產生具有較高水分含量、油脂含量、保油率、包覆率、假密度、溶解度及較低的水活性、表面油脂量、過氧化值；較高的油添加量，使乳化液具有較低的總水量及較高的總油量並產生較高的黏性而提升粉末乾燥成形效率，但是減少單位油滴受壁材保護的量，因此獲得具有較高油脂含量、保油率、表面油脂量、假密度、過氧化值及較低水分含量、水活性、包覆率、溶解度、吸濕性。此外粉體黏性在不同條件的芝麻油下並沒有產生明顯的趨勢，但是皆呈現符合工業需求之流動性，過氧化值則會隨著儲存天數及溫度增加，並顯示出不佳的油脂保護能力，未來仍可在進一步測試其他製程以提高芯材料的保護能力，降低過氧化值。感官喜好的結果可以看出品評員整體較為喜歡芝麻油濃度較高且具有較好保護效果的芝麻油粉，且較高調和濃度的芝麻油可以提升風味的喜好度，並且配方添加高於 10% 的 100% 芝麻油粉，品評員可以明顯感受到芝麻味較為強烈，並在添加 12.5% 的 20% 調合芝麻油才可感受到較強的油耗味。

因此可以得知，不論在任何條件下製作粉末油脂，皆具有良好的產率、低的水分含量、吸濕性都可使產品品質更為穩定，並且在冷水及熱水中芝麻油粉皆有良好的溶解度以此增加產品應用度。此外，添加油濃度 7.5% 的 100% 芝麻油粉，具有最佳的感官品評狀態，並有良好的粉末物理性質及常溫保存的安定性，為適合現代食品產業使用的

芝麻油粉。並可透過研究了解到調和比例與油添加量對於以噴霧乾燥生產芝麻油粉產品物化性質的變化，可作為後續開發芝麻油粉開發的參考依據，以增進芝麻油的應用空間及提供給消費者新的調味料選擇。



8. 參考文獻

- 王長生。1995。淺談芝麻餅粕與飼料營養價值。飼料工業 16(4)：35-36。中國。
- 行政院農委會農糧署。2016。特用作物生長概況。行政院農委會農糧署。台北，台灣。
- 吳崇立。2017。探討添加不同比例大豆油調和之芝麻油油脂特性。國立中興大學食品暨應用生物科技學研究所碩士論文。台中市，台灣。
- 吳雋凡。2011。利用噴霧乾燥法合成磷酸離鐵/碳複合材料並探討其電化學性。國立高雄應用化學研究所碩士論文。高雄市，台灣。
- 周瑞寶。2006。芝麻油香氣成分研究。中國油脂，第 31 卷，第 7 期。
- 林溪浚。2010。以噴霧乾燥披覆聚乙烯醇或聚甲基丙烯酸甲酯於氧化鋁粉表面。國立台北科技大學機電整合研究所碩士論文。台北市，台灣。
- 胡云峰。2008。避蚊胺微膠囊的製備研究。大連理工大學化學工程學研究所碩士論文。遼寧省，中國。
- 食品工業發展研究所。2005。新世代食品加工及調配料技術研發。科技專案。經濟部技術處。
- 張衣承。2008。利用預熱之調和芝麻油提高大豆油脂氧化安定性之研究。國立臺灣海洋大學食品科學研究所碩士論文。基隆，台灣。
- 陳正士。2014。台灣食用油產業競營策略之研究。逢甲大學經營管理研究所碩士論文。台中市，台灣。

陳玉玲、華傑。2003。兩岸食用油脂產業現況與比較。中華工業發展研究所。

黃連佑。明膠/CMC 複凝聚製備尤加利精油微膠囊之研究。正修科技大學化妝品與時尚彩妝研究所碩士論文。高雄市。台灣。

劉平年。2005。芝麻油揮發性風味成分的研究。中國糧油學報 20(6):88-90。

劉伯康、莊朝琪。2016。食品感官品評理論與實務(第二版)。新文京出版社。台北。

Abadio, F. D. B., Domingues, A. M., Borges, S. V., & Oliveira, V. M. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice - effect of maltodextrin concentration and atomization speed. *Food Engineering*, 64, 285-287.

Abdullah, E. C., & Geldart, D. (1999). The use of bulk density measurements as flowability indicators. *Powder Technology*, 102(2), 151-165.

Ahn, J. H., Kim, H. S., Lee, K. W., Seo, E. M., Lee, K. W., & Kim, H. S. (2008). Optimization of microencapsulation of seed oil by response surface methodology. *Food Chemistry*, 107(1), 98-105.

Aidoo, R. P., Depypere, F., Afoakwa, E. O., & Dewettinck, K. (2013). Industrial manufacture of sugar-free chocolates – Applicability of alternative sweeteners and carbohydrate polymers as raw materials in product development. *Trends in Food Science & Technology*, 32(2), 84-96.

Alamilla-Beltran, L., Chanona-Pérez, J. J., Jiménez-Aparicio, A. R., & Guitérrez-Lopez, G. F. (2005). Description of morphological changes of particles along spray drying. *Journal of Food Engineering*, 67, 179-184.

- Ashakumary, L., Rouyer, I., Takahashi, Y., Ide, T., Fukuda, N., & Aoyama, T. (1999). Sesamin, a sesame lignan, is a potent inducer of hepatic fatty acid oxidation in the rat. *Metabolism*, 48(10), 1303-1313.
- Bae, E. K., & Lee, K. W. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Microencapsulation*, 25(8), 549-560.
- Barbosa, M. I. M. J., Borsarelli, C. D., & Mercadante, A. Z. (2005). Light stability of spray-dried bixin encapsulated with different edible polysaccharide preparations. *Food Research International*, 38(8–9), 989-994.
- Bhandari, B. R., Datta, N., & Howes, T. (1997). Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*(15), 671-684.
- Bimbenet, J. J., Bonazzi, C., & Dumoulin, E. (2002). Drying of foodstuffs. *Drying'2002 – In: Proceeding of the 13th international drying symposium*, 64–80.
- Binsi, P. K., Nayak, N., Sarkar, P. C., Jeyakumari, A., Muhamed Ashraf, P., Ninan, G., & Ravishankar, C. N. (2017). Structural and oxidative stabilization of spray dried fish oil microencapsulates with gum arabic and sage polyphenols: Characterization and release kinetics. *Food Chemistry*, 219, 158-168.
- Budowski, P., Menezes, F. G. T., & Dollear, F. G. (1950). Sesame oil, V. 'The stability of sesame oil'. *J. Am. Oil Chem. Soc*, 27, 377-380.
- Budowski, P., O'connor, R. T., & Field, E. T. (1951). Sesame oil, VI. 'Determination of sesamin'. *J. Am. Oil Chem. Soc*, 28, 51–54.
- Bule, M. V., Singhal, R. S., & Kennedy, J. F. (2010). Microencapsulation of ubiquinone-10 in carbohydrate matrices for improve stability.

- Carbohydrate Polymers*, 82(1), 1290-1296.
- Burdock, G. A. (2007). Safety assessment of hydroxypropyl methylcellulose as a food ingredient. *Food and Chemical Toxicology*, 45(12), 2341-2351.
- Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). Production and Properties of Spray-dried Amaranthus Betacyanin Pigments. *Food Science*, 65(7), 1248-1252.
- Cal, K., & Sollohub, K. (2010). Spray drying technique. I: Hardware and process parameters. *Pharmaceutical Sciences*, 99, 575-586.
- Can Karaca, A. G., O. , & Ak, M. M. (2016). Effects of processing conditions and formulation on spray drying of sour cherry juice concentrate. *Science of Food and Agriculture*, 96 449-455.
- Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
- Cano-Higueta, D. M., Villa-V'elez, H. A., Telis-Romero, J., V'aquiro, H. A., & Telis, V. R. N. (2015). Influence of alternative drying aids on water sorption of spray dried mango mix powders: a thermodynamic approach. *Food Bioprod. Process*, 93, 19-28.
- Carneiro, H. C. F., Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2013). Encapsulation efficiency and oxidative stability of flaxseed oil microencapsulated by spray drying using different combinations of wall materials. *Journal of Food Engineering*, 115(4), 443-451.
- Cheng, F. C., Jinn, T. R., Hou, R. C., & Tzen, J. T. C. (2006). Neuroprotective effects of sesamin and sesamolin on gerbil brain in

- cerebral ischemia. *International Journal of Biomedical Science*, 2(3), 284-288.
- Corrigan, O. I. (1995). Thermal analysis of spray dried products. *Thermochimica Acta*, 248, 245-258.
- Davidov-Pardo, G., Roccia, P., Salgado, D., León, A. E., & Pedroza-Islas, R. (2008). Evaluation of the different wall materials to microencapsulate fish oil and its behavior in bread products. *Am. J. Food Technol*, 3, 384-393.
- Daza, L. D., Fujita, A., Fávaro-Trindade, A., Rodrigues-Ract, J. N., Granato, D., & Genovese, M. I. (2016). Effect of spray drying conditions on the physical properties of & Cagaita (*Eugenia dysenterica*) fruit extracts. *Food and Bioproducts Processing*, 20-29.
- Desai, K. G. H., & Park, H. J. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23, 1361-1394.
- Dewettinck, K., & Huyghebaert, A. (1998). Top-spray fluidized bed coating: Effect of process variables on coating efficiency. *LWT-Food Science and Technology*, 31(6), 568-575.
- Drusch, S. (2006). Sugar beet pectin: A novel emulsifying wall component for microencapsulation of lipophilic food ingredients by spray-drying. *Food Hydrocolloids*.
- Dziezak, J. D. (1988). Microencapsulation and encapsulated ingredients. *Food Technology*, 136-151.
- Fanger, G. O. (1974). Microencapsulation: A brief history and introduction. *Microencapsulation*, Springer(US), 1-20.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi Ashtari, A., & Omid, M. (2012).

- Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. *Food and Bioproducts Processing*, 90(4), 667-675.
- Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., & Yarmand, M. S. (2016). Influence of black mulberry juice addition and spray drying conditions on some physical properties of ice cream powder. *Food Engineering*, 12, 277-285.
- Fernandes, L. P., Turatt, I. C. C., Lopes, N. P., Ferreira, J. C., Candido, R. C., & Oliveira, V. M. (2008). Volatile retention and antifungal properties of spray-dried micro particles of Lippia sidoides essential oil. *Drying Technology*, 26(12), 1534-1542.
- Fernandes, R. V. d. B., Borges, S. V., Silva, E. K., da Silva, Y. F., de Souza, H. J. B., do Carmo, E. L., de Oliveira, C. R., Yoshida, M. I., & Botrel, D. A. (2016). Study of ultrasound-assisted emulsions on microencapsulation of ginger essential oil by spray drying. *Industrial Crops and Products*, 94(Supplement C), 413-423.
- Fioramonti, S. A., Rubiolo, A. C., & Santiago, L. G. (2017). Characterisation of freeze-dried flaxseed oil microcapsules obtained by multilayer emulsions. *Powder Technology*, 319, 238-244.
- Fleming, R. S. (1921). The spray process of drying. *The Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 13, 447-449.
- Fogler, B. B., & Kleinschmidt, R. V. (1938). Spray drying. *Industrial and Engineering Chemistry*, 30, 1372-1384.
- Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 413-

424.

- Fuchs, M., Turchiulli, C., Bohin, M., Cuvelier, M. E., Ordannaud, C., Peyrat-Maillard, M. N., & Dumoulin, E. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *Food Engineering*, 75(1), 27-35
- Gallo, L., Llabot, J. M., Allemandi, D., Bucalá, V., & Piña, J. (2011). Influence of spray-drying operating conditions on *Rhamnus purshiana* (Cáscara sagrada) extract powder physical properties. *Powder Technology*, 208, 205-214.
- Ghafoorunissa, Hemalatha, S., & Rao, M. V. (2004). Sesame lignans enhance antioxidant activity of vitamin E in lipid peroxidation systems. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 262 (1-2), 195-202.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- Gibbs, B. F., Kermasha, B. F., Alli, I., & Mulligan, C. N. (1999). Encapsulation in the food industry: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50, 213-224.
- Godin, V., & Spensley, P. C. (1971). Oils and Oilseeds. *Tropical Products Institute, London (1971)*.
- Gopalan, C., Ramasastri, B. V., & Balasubramanian, S. C. (1982). Nutritive Value of Indian Foods. *National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research, Hyderabad, India*.
- Gouin, S. (2004). Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science and Technology*,

15, 330-347.

- Goula, A. M., & Adamopoulos, K. G. (2005). Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on the powder properties. *Food Engineering*, 66, 35-42.
- Goula, M. A., Adamopoulos, K. G., & Kazakis, N. A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Technology*, 22, 1129-1151.
- Hogan, S. A., McNamee, B. F., O'Riordan, Dolores, E., & O'Sullivan, M. (2001). Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends. *International Dairy Journal*, 11(3), 137-144.
- Huang, L. X., Kumar, K., & Mujumdar, A. (2006). A comparative study of a spray dryer with rotary disc atomizer and pressure nozzle using computational fluid dynamic simulations. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 45, 461-470.
- Islam, F., Gill, R. A., Ali, B., Farooq, M. A., Xu, L., Najeeb, U., & Zhou, W. (2016). Chapter 6 - Sesame A2 - Gupta, Surinder Kumar. In *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production*, (pp. 135-147). San Diego: Academic Press.
- Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, 26(7), 816-835.
- Jamilah, B., Ee, S. C., Muhammad, K., Hashim, D. M., & Adzahan, N. (2013). Spray-Drying Optimization for Red Pitaya Peel (*Hylocereus polyrhizus*). *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1332-1342.
- Joshi, A. B. (1961). Sesamum. *Indian Central Oilseeds Committee* ,

Hyderabad.

- Jumah, R. Y., Tashtoush, B., Shaker, R. R., & Zrai, A. F. (2000). Manufacturing parameters and quality characteristics of spray-dried jameed. *Drying Technology*, 18, 967-984.
- Kamal-Eldin, A., Moazzami, A., & Washi, S. (2011). Sesame seed lignans: Potent physiological modulators and possible ingredients in functional foods & nutraceuticals. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 3(1), 17-29.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., & Roach, P. D. (2010). Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. *Journal of Food Engineering*, 98, 385-392.
- King, A. H. (1995). Encapsulation of food ingredients: A review of available technology, focusing on hydrocolloids. *Encapsulation and controlled release of food ingredients*, 590, 26-39.
- Liolios, C. C., Gortzi, O., Lalas, S., Tsaknis, J., & Chinou, I. (2009). Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. and in vitro antimicrobial activity. *Food Chemistry*, 112(1), 77-83.
- Listiohadi, Y. D., Hourigan, J., Sleight, R. W., & Steele, R. J. (2005). An exploration of the caking of lactose in whey and skim milk powders. *Australian Journal of Dairy Technology*, 60(3), 207-213.
- Liu, X. D., Atarashi, T., Furuta, T., Yoshii, H., Aishima, S., Ohkawara, M., & Linko, P. (2001). Microencapsulation of emulsified hydrophobic flavors by spray drying. *Drying Technology*, 19(7), 1361-1374.
- Liu, Z., Zhou, J., Zeng, Y., & Ouyang, X. (2004). The enhancement and

- encapsulation of *Agaricus bisporus* flavor. *Food Engineering*, 65, 391-396.
- Maiti, S., Hegde, M. R., & Chattopadhyay, S. B. (1988). Handbook of Annual Oilseed Crops. *Oxford and IBH, New Delhi (1988)*.
- Marques, L. G., Ferreira, M. C., & Freire, J. T. (2007). Freeze drying of acerola (*Malpighia glabra* L.). *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46, 451-457.
- Masters, K. (1991). *Spray Drying Handbook. (5th ed), Longman Scientific & Technical*(London).
- McClements, D. J. (2005). Food emulsions: Principles, practice, and techniques. *2nd ed, CRC Press*(Boca Raton).
- Mohammed, N. K., Tan, C. P., Manap, Y. A., Alhelli, A. M., & Hussin, A. S. M. (2017). Process conditions of spray drying microencapsulation of *Nigella sativa* oil. *Powder Technology*, 315(Supplement C), 1-14.
- Murugesan, R., & Orsat, V. (2011). Spray drying of elderberry (*Sambucus nigra* L.) juice to maintain its phenolic content. *Drying Technology*, 29, 1729-1740.
- Muzaffar, K., & kumar, P. (2015). Parameter optimization for spray drying of tamarind pulp using response surface methodology. *Powder Technology*, 279, 179-184.
- Oberoi, D. P. S., & Sogi, D. S. (2015). Effect of drying methods and maltodextrin concentration on pigment content of watermelon juice powder. *Journal of Food Engineering*, 165(Supplement C), 172-178.
- Partanen, R., Raula, J., Seppänen, R., Buchert, J., Kauppinen, E., & Forsell, P. (2008). Effect of relative humidity on oxidation of

- flaxseed oil in spray dried whey protein emulsions. *Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5717-5722.
- Patil, V., Chauhan, A. K., & Singh, R. P. (2014). Optimization of the spray drying process for developing guava powder using response surface methodology. *Powder Technology*, 253, 230-236.
- Premi, M., & Sharma, H. K. (2017). Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(Part 1), 1232-1240.
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46 386-392.
- Rangkadilok, N., Pholphana, N., Mahidol, C., Wongyai, W., Saengsooksree, K., Nookabkaew, S., & Satayavivad, J. (2010). Variation of sesamin, sesamol and tocopherols in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds and oil products in Thailand. *Food Chemistry*, 122(3), 724-730.
- Ray, S., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, 13, 76-83.
- Roccia, P., Martínez, M. L., Llabot, J. M., & Ribotta, P. D. (2014). Influence of spray-drying operating conditions on sunflower oil powder qualities. *Powder Technology*, 254, 307-313.
- Rodríguez-Hernández, G. R., González-García, R., Grajales-Lagunes, A., Ruiz-Cabrera, M. A., & Abud-Archila, M. (2005). Effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product.

- Drying Technology*, 23, 955-973.
- Rosenberg, M., Kopelman, I. J., & Talmon, Y. (1990). Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *Agricultural and Food Chemistry*, 38, 1288-1294.
- S.M. Jafari, E. Assadpoor, B. Bhandari, & Y. He. (2008). Nano particle encapsulation of fish oil by spray drying. *Food Research International*, 41(2), 172-183.
- Saifullah, M., Yusof, Y. A., Chin, N. L., & Aziz, M. G. (2016). Physicochemical and flow properties of fruit powder and their effect on the dissolution of fast dissolving fruit powder tablets. *Powder Technology*, 301, 396-404.
- Santana, A. A., Martin, L. G. P., Oliveira, R. A., Kurozawa, L. E., & Park, H. J. (2017). Spray drying of babassu coconut milk using different carrier agents. *Drying Technology*, 35, 76-87.
- Santivarangkna, C., Kulozik, U., & Foerst, P. (2007). Alternative drying processes for the industrial preservation of lactic acid starter cultures. *Biotechnology Progress*, 23, 302-315.
- Seegeler, C. J. P. (1983). Oil Plants in Ethiopia: Their Taxonomy and Agricultural Significance. *Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen*(1983).
- Shahidi, F., & Han, X. Q. (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 33, 501-547.
- Shamaei, S., Seiedlou, S. S., Aghbashlo, M., Tsotsas, E., & Kharaghani, A. (2017). Microencapsulation of walnut oil by spray drying: Effects of wall material and drying conditions on physicochemical properties of microcapsules. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 39(Supplement C), 101-112.

- Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49-67.
- Shishir, M. R. I., Taip, F. S., Aziz, N. A., Talib, R. A., & Sarker, M. S. H. (2016). Optimization of spray drying parameters for pink guava powder using RSM. *Food Science and Biotechnology*, 25 1-8.
- Silva, V. M., Vieira, G. S., & Hubinger, M. D. (2014). Influence of different combinations of wall materials and homogenisation pressure on the microencapsulation of green coffee oil by spray drying. *Food Research International*, 61(Supplement C), 132-143.
- Smith, K. H. (1971). Nutritional framework of oilseed proteins. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 625-628.
- Soottitantawat, A., Bigeard, F., Yoshi, H., Furuta, T., Ohkawara, M., & Linko, P. (2005). Influence of emulsion and powder size on the stability of encapsulated D-limonene by spray drying. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6(1), 107-114.
- Soottitantawat, A., Yoshii, H., Furuta, T., Ohkawara, M., & Linko, P. (2003). Microencapsulation by spray drying: influence of emulsion size on the retention of volatile compounds. *J. Food Sci*, 68(7), 2256-2262.
- Suja, K. P., Jayalekshmy, A., & Arumughan, C. (2004). Free radical scavenging behavior of antioxidant compounds of sesame (*Sesamum indicum* L.) in DPPH(*) system. *ournal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 912-915.
- Tan, L. W., Ibrahim, M. N., Kamil, M. N., & Taip, F. S. (2011). Empirical modeling for spray drying process of sticky and non-sticky products. *Procedia Food Science*, 1, 690-697.

- Thalberg, K., Lindholm, D., & Axelsson, A. (2004). Comparison of different flowability tests for powders for inhalation. *Powder Technology*, 146(3), 206-213.
- Timilsena, Y. P., Wang, B., Adhikari, R., & Adhikari, B. (2017). Advances in microencapsulation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs)-rich plant oils using complex coacervation: A review. *Food Hydrocolloids*, 69, 369-381.
- Tonon, C. Brabet, & Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *Food Engineering*, 88, 411-418.
- Tonon, R. V., Grosso, C. R. F., & Hubinger, M. D. (2011). Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Research International*, 44(1), 282-289.
- Tontul, I., & Topuz, A. (2014). Influence of emulsion composition and ultrasonication time on flaxseed oil powder properties. *Powder Technology*, 264(Supplement C), 54-60.
- Tze, N. L., Han, C. P., Yusof, Y. A., Ling, C. N., Talib, R. A., & Taip, F. S. (2012). Physicochemical and nutritional properties of spray-dried pitaya fruit powder as natural colorant. *Food Science and Biotechnology*, 21, 675-682.
- Vardin, H., & Yasar, M. (2012). Optimisation of pomegranate (*Punica Granatum* L.) juice spray-drying as affected by temperature and maltodextrin content. *International Journal of Food Science & Technology*, 47, 167-176.
- Visavadiya, N. P., & Narasimhacharya, A. V. R. L. (2008). Sesame as a

- hypocholesteremic and antioxidant dietary component. *Food and Chemical Toxicology*, 46(6), 1889.
- Wang, W., & Zhou, W. (2015). Characterisation of spray dried soy sauce powders made by adding crystalline carbohydrates to drying carrier. *Food Chemistry*, 168, 417-422.
- Wang, Y., Xie, Y., Xu, D., & Lin, X. (2014). Hydroxypropyl Methylcellulose Reduces Particle Adhesion and Improves Recovery of Herbal Extracts During Spray Drying of Chinese Herbal Medicines. *Drying Technology*, 32(5), 557-566.
- Weiss, E. A. (1983). Oilseed Crops. *Longman, London and New York*.
- Winter, S. B. D., Duran, L. E., & Benito, V. M. (2010). New salt forms of an aminoindan derivative. In): Google Patents.
- Yermanos, D. M. (1978). Oil analysis report on the world sesame collection. *World Farming*, 14, 5-11.
- Yokota, T., Matsuzaki, Y., Koyama, M., Hitomi, T., Kawanaka, M., & Enoki-Konishi, M. (2007). Sesamin, a lignan of sesame, down-regulates cyclin D1 protein expression in human tumor cells. *Cancer Science*, 98(9), 1447-1453.
- Yonekura, L., Sun, H., Soukoulis, C., & Fisk, I. (2014). Microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* NCIMB 701748 in matrices containing soluble fibre by spray drying: Technological characterization, storage stability and survival after in vitro digestion. *Journal of Functional Foods*, 6(Supplement C), 205-214.
- Yousefi, S., Emam-Djomeh, Z., & Mousavi, S. M. (2011). Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum*

- L.). *Journal of Food Science and Technology*, 48, 677-684.
- Zakarian, A. J., & King, C. J. (1982). Volatiles loss in the zone during spray drying of emulsions. *Industrial Engineering Chemistry Process Design and Development*, 21, 107-113.
- Zbicinski, I., Delag, A., Strumillo, A., & Adamiec, J. (2002). Advanced experimental analysis of drying kinetics in spray drying. *Chemical Engineering Journal*, 207-216.
- Zhou, D., Pan, Y., Ye, J., Jia, J., Ma, J., & Ge, F. (2017). Preparation of walnut oil microcapsules employing soybean protein isolate and maltodextrin with enhanced oxidation stability of walnut oil. *LWT - Food Science and Technology*, 83, 292-297.
- Zotarelli, M. F., da Silva, V. M., Durigon, A., Hubinger, M. D., & Laurindo, J. B. (2017). Production of mango powder by spray drying and cast-tape drying. *Powder Technology*, 305(Supplement C), 447-454.
- Zuidam, N. J., & Heinrich, J. (2009). Encapsulation of aroma. N.J. Zuidam, V.A. Nedovic (Eds.), *Encapsulation technologies for food active ingredients and food processing*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 127-160.

附錄 1、芝麻油粉感官品評喜好度問卷

品評員代號：_____									
樣品代號：_____	極度不喜歡	非常不喜歡	有點不喜歡	稍微不喜歡	沒有喜歡或不喜歡	稍微喜歡	有點喜歡	非常喜歡	極度喜歡
	對此產品整體喜歡的程度								
	對此產品外觀喜歡的程度								
	對此產品風味喜歡的程度								
	對此產品口感喜歡的程度								

品評因子描述

- 1.外觀為食用前，樣品在麵體表面粉末顆粒溶解狀態
- 2.風味為食用中，在口中樣品在麵體上的滋味或味道
- 3.口感為食用中，在口中樣品在麵體上的感覺(是否有顆粒感)

注意事項

- 1.先品評一口選擇整理喜歡程度，再依各種項目不同做品評
- 2.品評不同產品時，請先用水清洗口腔中殘留的餘味
- 3.品評後，請直接於各項目之空格中勾選
- 4.不得更改之前所寫完之答案

附錄 2、芝麻油粉感官品評強度問卷

品評員代號：_____

樣品代號：_____

強度評分	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	弱 ←—————→ 強								
對此產品外觀顆粒感的強度									
對此產品口感顆粒感的強度									
以下為風味品評									
對此產品芝麻味的強度									
對此產品烤麵包味的強度									
對此產品苦味的強度									
對此產品咖啡味的強度									
對此產品可可味的強度									
對此產品油耗味的強度									
對此產品酸敗味的強度									
對此產品腐臭味的強度									
對此產品焦臭味的強度									
對此產品油膩味的強度									
對此產品礦物油味的強度									
對此產品稻草味的強度									

品評因子描述

1. 外觀為食用前，樣品在麵體表面粉末顆粒溶解狀態
2. 口感為食用中，在口中樣品在麵體上的感覺(是否有顆粒感)
3. 風味為食用中，在口中樣品在麵體上的滋味或味道

注意事項

1. 品評不同產品時，請先用水清洗口腔中殘留的餘味
2. 品評後，請直接於各項目之空格中勾選
3. 不得更改之前所寫完之答案