

東海大學畜產學研究所
Graduate Institute of Animal Science
Tunghai University

碩 士 論 文
Master Thesis

指 導 教 授：周 繼 發 博 士
Adviser : Dr. Chi-Fa Chow

豬肝粉及其酵素水解物對非血色質鐵之還原效率
Reductive Ability of Porcine Liver and its
Enzymatic Hydrolysate Powder on Non-heme
Iron



研 究 生：朱 文 全
Graduate student : Wen-Chuan Chu

中 華 民 國 九 十 三 年 六 月
June , 2004

誌 謝

本論文承蒙恩師 周繼發博士多年悉心教誨始克完成，並蒙師母 張希齡女士如母親般關心厚愛，師恩昊天，感激之意尺幅難宣，特誌卷首，謹表謝忱於萬一。

在學習期間並蒙畜產系系主任 吳勇初博士、施宗雄博士與洪連欉老師不吝給予畜產加工學術領域的指導與啟發，使我對畜產加工方面知識精進而獲益良多。並蒙系上楊錫坤老師、姜樹興老師、歐柏榮老師、林敦台老師、劉琳琳老師、王家宇老師、羅能文老師及陳珠亮老師們予以畜產品生產方面與分子生物領域之指導，更甚者於生活或思想上皆有相當的影響。此外，一路走來許許多多的學長姐、學弟妹及朋友的關心、照顧與協助，我都銘記於心，不曾忘記。

復承雙親養育及姊姊的鼓勵，或有未盡滿意之處，支持與包容仍不曾改變，為我沮喪挫折時最佳的精神支柱，如此，始能順利完成學業及研究工作，謹敬獻本論文，以慰栽培之恩。

目次	頁次
壹、摘要	1
貳、緒言	3
參、文獻檢討	4
肆、材料與方法	41
伍、結果與討論	46
陸、結論	65
柒、參考文獻	67
捌、英文摘要	80
玖、小傳	83

表次	頁次
表一、人體中鐵質的分佈及含量.....	5
表二、每日鐵質需求量與建議攝取量.....	21
表三、國人罹患潛在性缺鐵性貧血之百分比.....	24
表四、台灣地區 13-18 歲兩性之鐵質攝取量與缺鐵率之關係	26
表五、台灣地區 19-50 歲兩性之鐵質攝取量與缺鐵率之關係	27
表六、豬隻副產物之粗蛋白質與代謝能.....	35
表七、不同食物之蛋白質與鐵質含量.....	37
表八、肝臟之一般成份分析.....	47
表九、經酵素水解之肝臟一般組成分.....	49
表十、肝臟各部分之收率.....	52
表十一、經酵素水解之肝臟各部分收率.....	53
表十二、未經酵素處理肝粉對 Fe(III) 還原之能力	60
表十三、經酵素水解肝粉對 Fe(III) 還原之能力.....	62

圖次	頁次
圖一、鐵質在體內之利用.....	9
圖二、二價鐵離子的吸收機制.....	11
圖三、三價鐵離子之吸收機制.....	14
圖四、鐵質在細胞中的吸收.....	15
圖五、WPF、SPF 與 IPF 在不同 PH 值下之相對溶解度.....	55
圖六、DWPF、DSPF 與 DIPF 於不同 PH 值下之相對溶解度...	57
圖七、以 WPF 於 pH3.0 之相對溶解度為 100%之 DWPF、DSPF 與 DIPF 於不同 pH 值下之相對溶解度.....	58

中 文 摘 要

本試驗旨在自豬肝臟萃製高蛋白質含量之粉末，並藉酵素水解增加其在水中的溶解度及還原三價鐵(Fe(III))離子能力，進而提高人體對非血質鐵質的吸收為目的。

自市場購得之新鮮豬肝臟，於 4°C 下儲存備用，分全肝臟、水溶、鹽溶與不溶性肝臟等樣品，再經酵素處理與冷凍乾燥後，將所得之各樣品分析其一般成分、各成分之收率、在不同 pH 值下相對溶解度與對 Fe(III) 之還原能力。結果顯示，水分部分，以新鮮肝臟 (FL) 為最高 ($P < 0.05$)；灰分部分，以乾燥後全肝粉 (DWFL) 及經酵素水解之乾燥全肝粉 (DDWFL) 含量最高 ($P < 0.05$)；粗脂肪以 DWFL 部分為最高 ($P < 0.05$)；蛋白質部分以 WPF 與 DWPF 含量最高 ($P < 0.05$)。

肝臟各樣品成分收率，以 DWFL 與 DDWFL 含量最高；經酵素水解後 DWFP 與鹽溶性肝粉(DSPF)兩部分則略增，經酵素水解之不溶性肝粉(DIPF)則略降。

當各部分之相對溶解度與 WPF 或 DWPF 於 pH3.0 者相比較時，介於 pH4.0~pH5.0 時，各部份皆低於 20%；在 pH6.0~pH10.0 間，則以 WPF、鹽溶性肝粉 (SPF)、DWPF 與 DSPF 四部份相當，皆在 75% 左右。

酵素水解可提高肝粉在水溶液中的相對溶解度，水解後各部分肝粉其相對溶解度均較未水解前提高約 40-50%；其中以 DWPF 部分除在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度約在 60%外，其餘皆高於 120%為最佳。

對 Fe(III)之還原能力量部分，未經酵素處理者，以 WPF 最佳，當添加量達 0.05% 時，則還原力已趨飽和；經酵素處理後則以 DWPF 之 Fe(III)還原量最高，其添加量須達 0.1 時，其還原力方趨飽和。

緒 言

鐵質在人體營養上扮演著重要的角色，但因鐵質的吸收率低，時至今日，在開發中及已開發國家分別有近 40~50% 及約 10~15% 左右的人口受到潛在性鐵質缺乏問題影響，並造成種種代謝與營養上的疾病，故而鐵質缺乏之問題仍值得我們加以正視（蕭等，1999；Baker *et al.*, 1979；Dallman *et al.*, 1984）。

豬肝臟為一鐵質含量豐富且營養優良的高蛋白食品，亦常為消費者購買作為食補或鐵質補充時的優先選擇。然則，近年來由於消費者消費形式的改變，或豬肝臟藥物殘留問題造成衛生安全上的疑慮，令多數消費者望之卻步，如此一來，不僅使其銷售低落，更甚者還造成處理上的困難。若能將此一量多且極富營養價值之內臟組織，加以淨化除去異物，並將其色、味淡化成兼具高蛋白質與高鐵之易溶性粉末產品，不但可將此副產物價值提高，並可置入各種配方食品（formulated foods），如添加於乳製品、飲品或糕餅製品等鐵質強化之應用（沼田，1992）。

本研究之目的在將豬肝臟經冷凍乾燥及酵素水解處理後，使其成為溶解度較高之蛋白質豬肝臟粉末，並具備使無機之三價鐵（Fe(III)）離子還原成二價鐵（Fe(II)）離子之能力，進而提高人體對非血色質鐵質的吸收，降低潛在性貧血的發生。

文獻回顧

一、鐵質的利用

鐵質 (iron) 被認為是動物體必需的微量元素 (microelements ; trace elements) 達百年以上，有關鐵質在人體的吸收、利用等研究為數眾多，然則，時至今日，仍有相當多的人受到潛在性鐵質缺乏問題之影響，造成種種代謝與營養上的不協調，是故，鐵質在人體營養上扮演的角色，仍然值得我們正視。

(一) 鐵質的分佈

成年男性體內之鐵含量約為每公斤體重 50-65 毫克，一個體重 70 公斤的男性，總量約 3.5-4.5 克，成年女性約每公斤 35-45 毫克，而體重 60 公斤的女性，總量則約 2.3-3.0 克。絕大多數的鐵質在細胞內以血色質鐵 (heme iron)、含鐵血紅素 (hemosiderin)、鐵蛋白 (ferritin) 及少量游離鐵的型式存在，其分佈約有 55% 的鐵質存在於血液中，10% 在肌肉中，其餘則含於肝臟、脾臟與骨髓等中如表一所示。血液中約含鐵質 40-60mg/dL，係構成紅血球重要成分-血紅蛋白 (hemoglobin) 之元素。血紅蛋白為血紅素 (heme) 與血球蛋白 (globin) 結合而成，血紅素之組成以鐵為中心，每克血紅素含有 3.4 毫克的鐵質。

表一、人體中鐵質的分佈及含量

Table 1. The distribution and content of iron in the human body

體重 (kg)	鐵質含量 (g)				
	總鐵量	血紅素	肌紅素	血色素	儲存量
70.0	4.26	3.10	0.120	0.00336	1.03

(Ponds, *et al.* 1995)

鐵質在肌肉中約佔 2mg/dL，乳汁中 0.1mg/dL。此外，鐵亦為細胞中細胞色素 (cytochrome) 之主成分，細胞中存在之過氧化氫酵素 (catalase)、過氧化物酵素 (peroxidase) 等氧化酵素中亦有之 (林，1998；Pond *et al.*, 1995；Lieu *et al.*, 2001)。

人體所有細胞中或多或少均含有鐵質，其中有 70% 的鐵質是以不可溶之血紅蛋白與 5% 的肌紅蛋白(myoglobin)分別儲存在紅血球與肌肉中，又有 5% 是以穩定不可利用的狀態存在於肌肉之肌凝蛋白 (myosin) 與肌動蛋白(actomyosin)中，為構成酵素的結構之一或與金屬型酵素之作用有關。剩餘的 20% 則是以可溶、不安定且利於形成血紅蛋白的鐵蛋白 (ferritin) 或含鐵血紅素質 (hemosiderin) 之儲存形式儲存於肝臟、脾臟及骨髓等其他的組織中 (Pond *et al.*, 1995)。健康男性體內的鐵儲存量約 500-2,000 毫克，其含量隨年齡而逐漸上升，行經婦女則不會超過 200-400 毫克，約 25% 的美國年輕婦女沒有鐵質儲存，直至停經後，女性的鐵質儲存方才上升 (Hallberg *et al.*, 1991；Worthington *et al.*, 1988)。

血液中的鐵質主要以兩原子三價鐵的型式 (Fe^{3+}) 與 β -球蛋白 (β_1 -globulin) 結合，成為運鐵蛋白 (transferrin) 後再被運送，通常運鐵蛋白的飽和度為 20-40% (Lieu *et al.*, 2001)。正常血液中鐵質的濃度，男性為每 100 毫升 80-165 毫克，女性

為每 100 毫升 65-130 毫克 (Pond *et al.*, 1995 ; Taylor *et al.*, 1988)。

(二) 鐵質的功能

鐵質在人體內的功能不僅用來製造紅血球，亦在能量供應系統中扮演了重要的角色。鐵質是紅血球中血紅蛋白之主要成份，血紅蛋白是由球蛋白硫鍵結合四分子血紅素組成，亦是人體最重要的含鐵部分，其作用是將氧氣從肺臟運送到組織，並將二氧化碳送至肺部。肌紅蛋白是肌肉中鐵與蛋白之複合體，亦可儲存氧氣，以供細胞隨時所需。此外，其他如血基質酵素(heme enzymes)，氫離子傳遞鏈中的細胞色素，過氧化氫分解酵素、過氧化酵素，或是作為酵素的輔助因子 (cofactor) 等，都需要鐵質的存在；這些酵素參與了體內許多重要的生化反應，其中有些更可消除體內的自由基 (free radical)，而達到防止疾病之產生 (尤其是癌症)，甚至有抗衰老的功用 (林，1998；Yip *et al.*, 1988；Rosenzweig *et al.*, 1999)。

(三) 鐵質的代謝

1、吸收

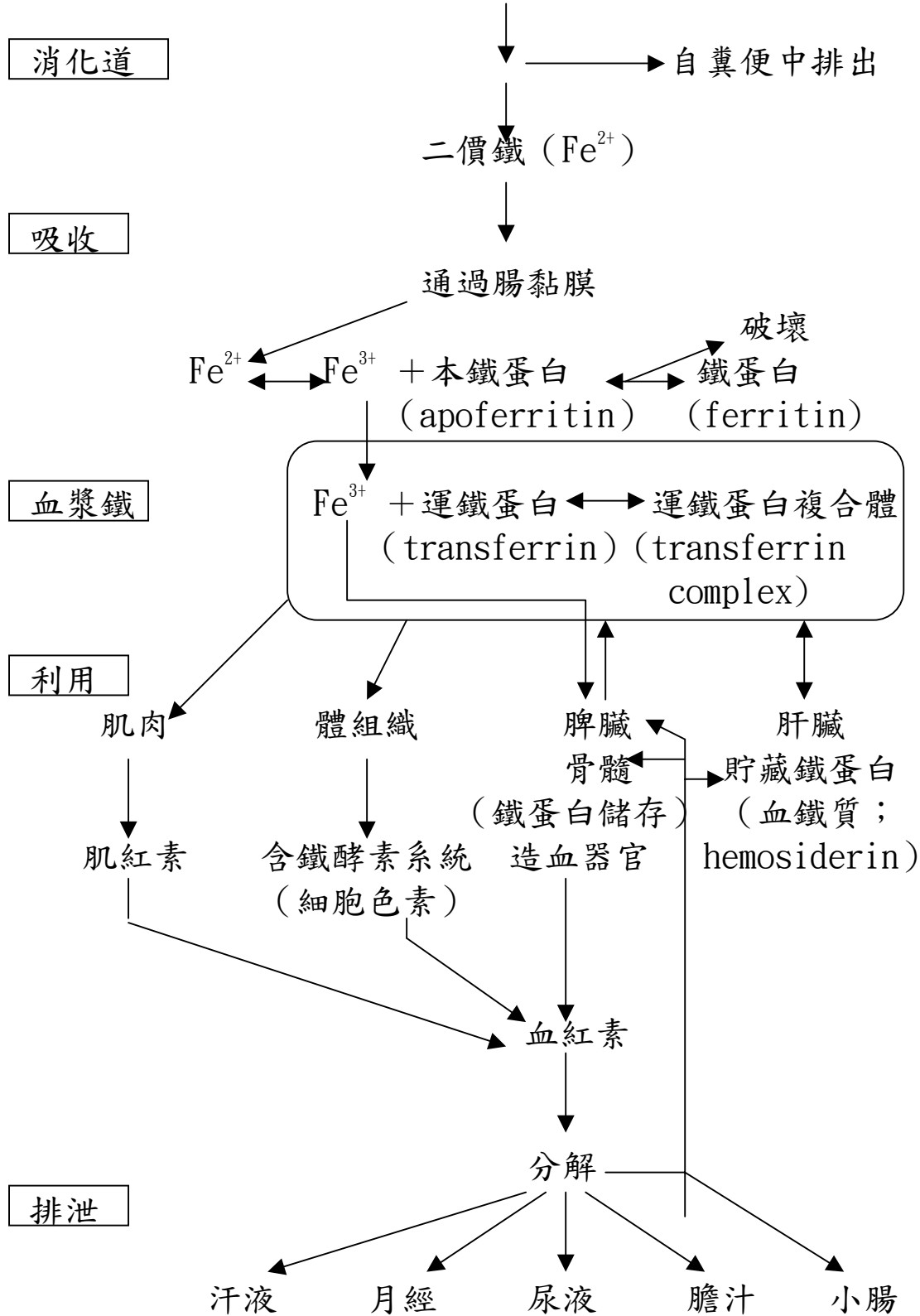
人體之鐵質來源除體內儲存者外，主要為藉著小腸由食物中

攝取吸收而得。食物中鐵質之消化、吸收、利用及排出等代謝途徑如圖一。食物中之鐵質自食物中攝取後，因其吸收利用率低下只有約 10% -15% ，餘者多由糞便中排出；吸收時係以二價鐵離子以被動運輸之型式或血色質鐵與受體(receptor)結合的型式吸收為主，三價鐵離子則以主動運輸的耗能形式少量吸收。被吸收後的二價鐵離子被氧化成三價鐵離子，再與本鐵蛋白結合後形成鐵蛋白儲存於肝臟、骨髓與脾臟中；亦有與運鐵蛋白結合，形成運鐵蛋白複合體，運送至肌肉及體組織等以供形成血色質、色素細胞或酵素系統等利用。最終，血紅素被破壞分解成血色質球蛋白及血基質，血色質再進一步分解成鐵質、膽綠素

(biliverdin) 及一氧化碳，其中膽綠素再被還原成膽紅素 (bilirubin)，每日每人約產生 250-300 毫克的膽紅素，膽紅素在血液中再與白蛋白 (albumin) 結合運送至肝臟，經酯化作用 (esterification) 後隨膽汁排泄，部分膽紅素再被還原成尿膽素 (urobilin) 隨尿液與糞便排出，行經婦女體內鐵質因血液流失而隨月經排出，極少量的鐵質由汗液等而流失。

鐵質之吸收主要在十二指腸及上空腸吸收，若通過了十二指腸的吸收位置，則食物中鐵質的吸收量則會大幅下降。其吸收量則受制於下述之因子：

食物中的鐵 (血紅素與非血紅素 ; heme iron and non-heme iron)



圖一. 鐵質在體內之利用。

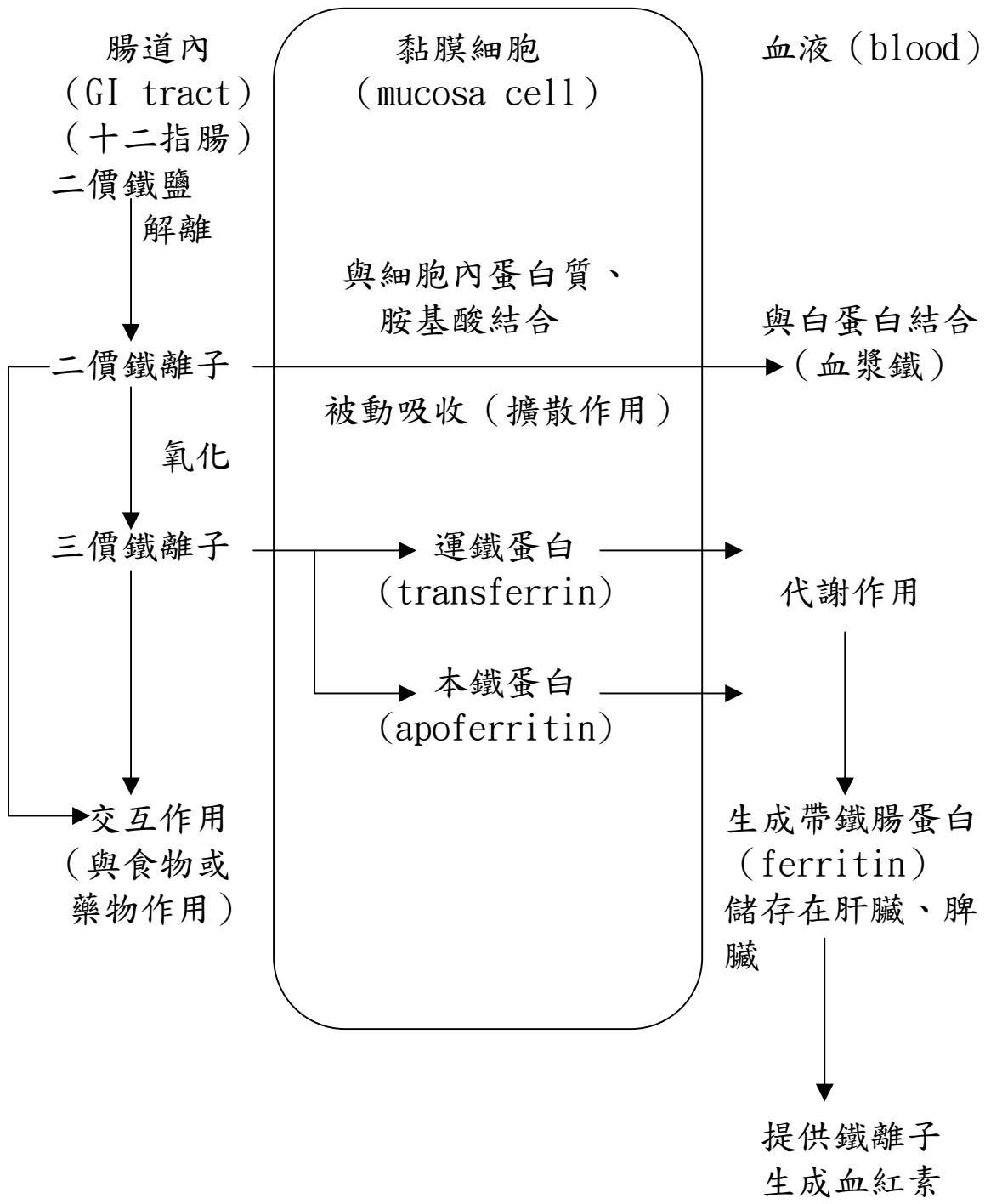
Fig.1. The utilization of iron in the human body

(Ponds, *et al.* 1995)

(1) 人體對鐵質的需求

所有影響吸收因素中最重要莫過於身體對鐵質的需求，小腸黏膜細胞根據人體需求，嚴密地控制鐵質的吸收；運鐵蛋白是鐵質傳遞的蛋白質，鐵蛋白是儲存鐵質的蛋白質，均出現在腸黏膜細胞，兩者在細胞內之平衡可調節鐵質的吸收。當人體內紅血球生成 (erythropoiesis) 加速時，鐵質自血循環中飽和的運鐵蛋白中釋出，以合成血紅素，因而運鐵蛋白飽和度下降，其攜帶鐵質之功能增加，並且有更多的運鐵蛋白接受體移動到腸黏膜細胞表面，使其吸收率增加 (圖二)。生長中的兒童、青少年等身體快速增大時期，行經婦女因血液流失而使鐵質損失增加，孕婦因體內組織增加及胎兒成長需要，哺乳婦女因乳汁分泌所需與貧血患者等，其需鐵質量較平時多，且比健康男性有更高的鐵質吸收率，非血色質鐵的吸收率可增加約十倍，而血色質鐵的吸收率亦可增加一倍 (Johnson *et al.*, 1990 ; Pehrsson *et al.*, 2001)。

正常人體吸收鐵質的機制中，尚有抑制過量鐵質吸收和導致毒性反應之作用，儘管鐵質過量亦會被吸收，除特殊生理狀況與環境外，臨床上導致中毒的機率則不大，但最嚴重者仍有致死之可能。鐵質吸收過量引起的中毒，依其吸收量之多寡可分為急性、亞急性和慢性三種；急性鐵中毒是人體吸收鐵質一日超過 6.5g/kg 者，亞急性鐵中毒是人體吸收鐵質 66mg/kg 連續十二日



圖二. 二價鐵離子的吸收機制。

Fig. 2. The absorption mechanism of ferrous ions (Lieu, *et al*; 2001)

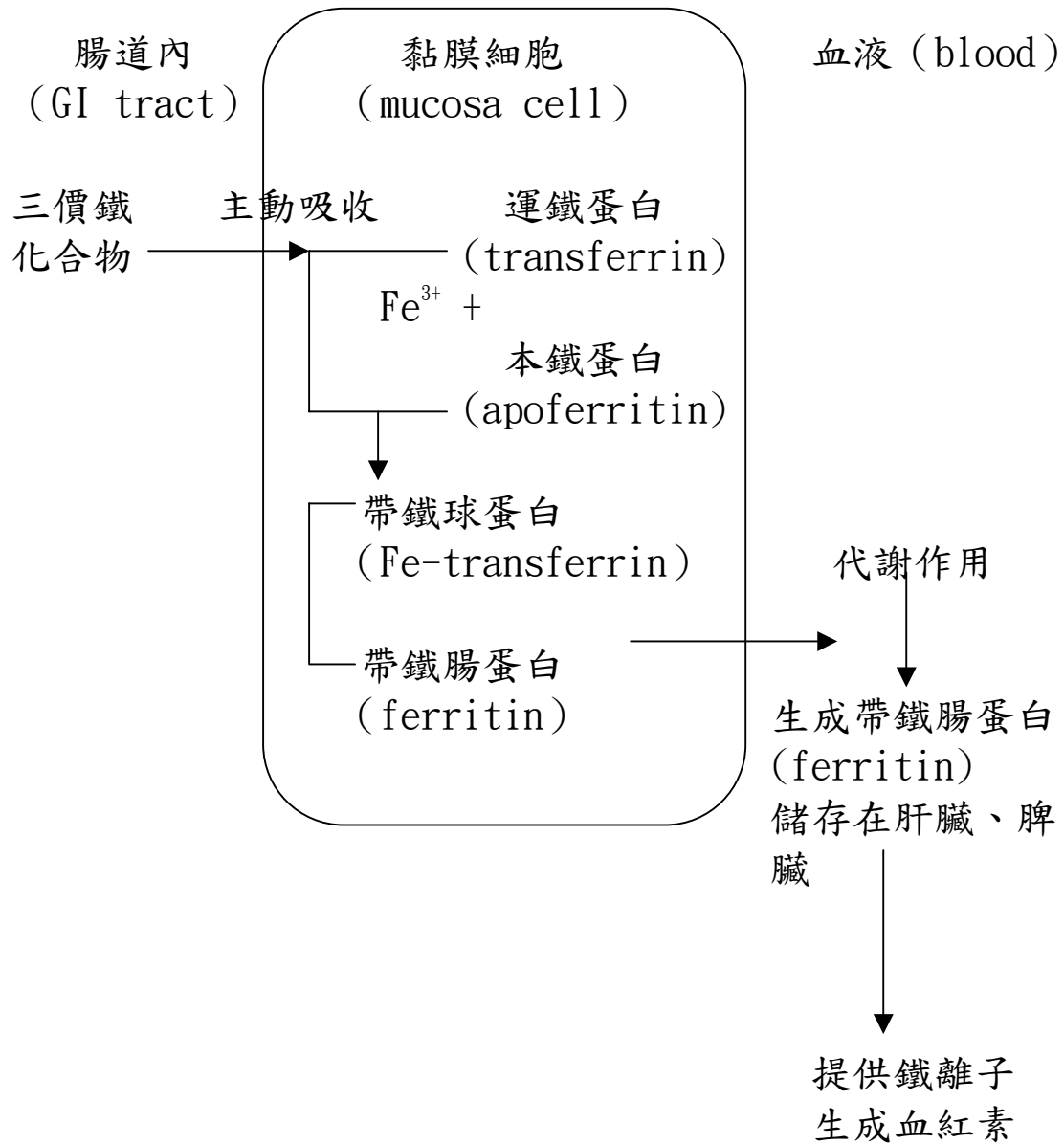
者，慢性鐵中毒是人體吸收鐵質 44mg/kg，一百八十日者，三者皆會造成死亡 (Walker *et al.*, 1999)。此外，當體內鐵質缺乏時，鐵蛋白或鐵血紅素會同時減少；若鐵質過多，則會造成鐵血紅素之增加。若一次大量服用鐵劑 (3-10 克)，則可因腸黏膜受刺激而造成出血、血氧過少、代謝性酸中毒、肺泡及肝臟損傷與腎功能衰退，在 12-48 小時內死亡；若長期高劑量使用鐵劑，或長期輸血，會使鐵質不正常沈積於肝臟，形成血色素沈著症 (hemochromatosis)，進而造成肝硬化的結果 (Walker *et al.*, 1999)。輕微的鐵質過量，會導致缺血性心臟疾病 (ischemic heart disease)、咯紫質沈澱病 (porphyria cutanea tarda) 及癌症 (如大腸癌等) 等 (Walker *et al.*, 1999)；研究指出，鐵參與自由基 (free radical) 反應，協助自由基的形成，促進致粥性氧化低密度脂蛋白 (atherogenic oxidized low density lipoprotein) 的形成，造成組織的損傷，是心血管疾病與冠狀動脈的危險因子 (林，1998)。

(2) 腸道功能的現狀

在胃和十二指腸上段的酸性環境中，三價鐵離子易被還原成溶解度較大且易於吸收的二價鐵離子；反之，若二價鐵離子逐漸在胃、黏膜細胞與血液中發生氧化作用，生成三價鐵離子，放出具高度活性能破壞細胞酵素的自由基 (free radical)，若自由

基產生過多則會對正常細胞造成傷害；而未被氧化的二價鐵離子以被動吸收的方式，進入黏膜細胞與血液中，其吸收情形則完全依賴鐵離子在腸胃與黏膜細胞表面之濃度梯差及其吸收時間長短而定 (Jacobs, 1987)。此外，二價鐵離子會與白蛋白結合，快速生成血漿鐵，不需運鐵蛋白運送，然部分解離之鐵離子易與食物中的碳水化合物、植酸 (phytate)、單寧酸 (tannic acid) 與如四環素、阿斯匹靈等藥物而生成不溶性的化合物，不利吸收 (圖三)(Fleming *et al.*, 2001; Hallberg *et al.*, 1986; Hurrell *et al.*, 1989)。

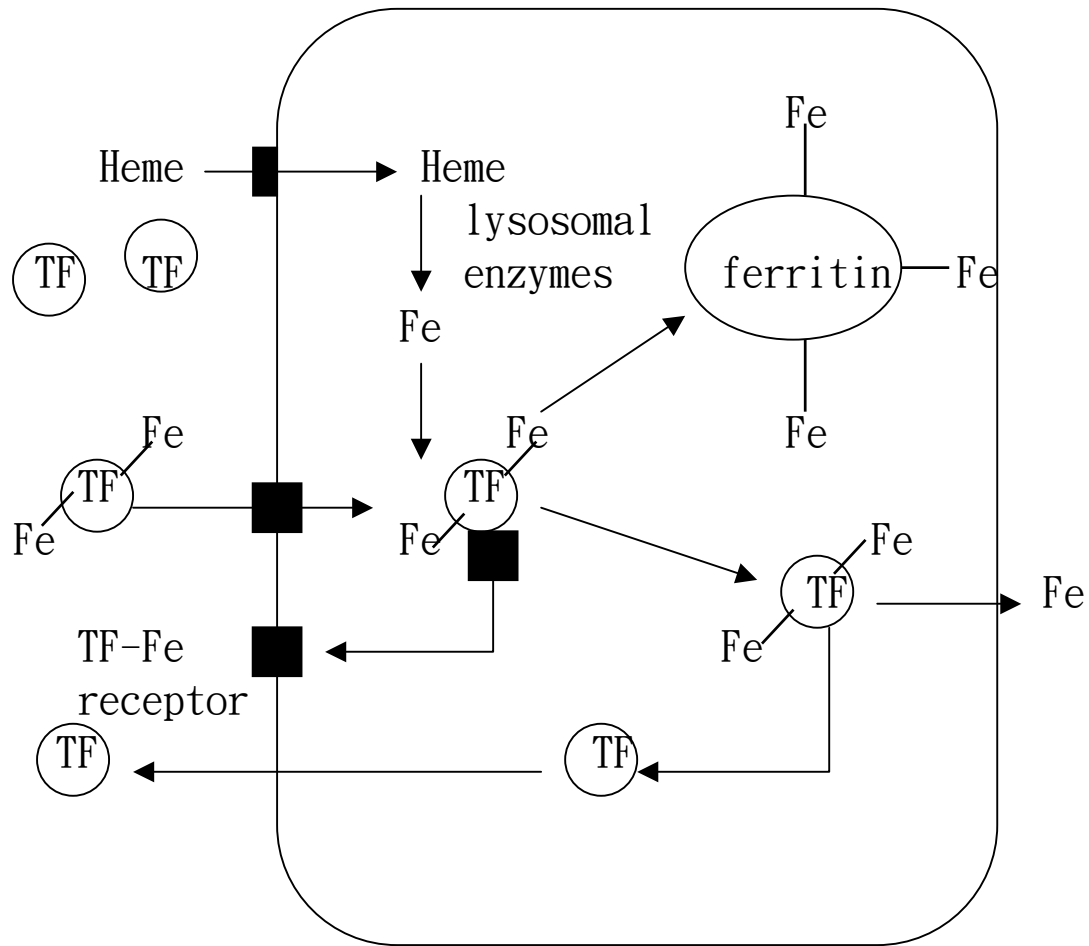
三價鐵離子除被還原成二價鐵離子外，本身亦會擴散到胃壁、十二指腸附近，與運鐵球蛋白(transferrin)或本鐵蛋白 (apoferritin)直接接觸，經活化後釋放出三價鐵，而生成帶鐵球蛋白 (Fe-transferrin) 和帶鐵腸蛋白，此吸收作用在胃、十二指腸及其鄰近部位發生，且吸收時間可長達 28 小時左右 (圖四)，其三價鐵離子的吸收率則視其細胞中所含鐵球蛋白或本鐵蛋白 (apoferritin)量而定，這兩種蛋白質之含量則依體內鐵質程度而變化。此一作用係主動吸收之過程，沒有氧化作用，因此不會生成有毒的自由基，可由鐵球蛋白和本鐵蛋白直接運送至血液中，亦不會與藥物或食物產生交互作用 (劉與潘，1995；Mosen, 1999)。



圖三. 三價鐵離子之吸收機制。

Fig. 3. The absorption mechanism of ferric ions

(Lieu, *et al*; 2001)



TF : transferrin

圖四. 鐵質在細胞中的吸收。

Fig.4. The absorption of ferric ions in the cell
(Johnson, 1997)

胃酸缺乏症 (achlorhydria) 乃因於不正常的胃部生理情形，吾人常見於許多老年人和惡性貧血患者，使得鐵質的吸收減少。慢性腹瀉患者，服用過多制酸劑，或施行外科胃部生酸部分切除手術後，亦將降低鐵質的吸收率；鹼性胰液會降低鐵質的吸收，因而鐵質在空腸和迴腸之吸收甚少。若患有鐵質吸收不良症候群，即使在飲食中補充鐵質，亦會有鐵質吸收率低下之問題 (Lieu *et al.*, 2001)。

(3) 攝取混合食物的成分

食物中吸收鐵質之多寡取決於攝食中鐵質的來源，依其來源種類不同可分為血色質鐵與非血色質鐵兩類，而其在體內之吸收亦有所不同。一個中等鐵儲存量的人，血色質鐵質的吸收率約為 25%，非血色質鐵的吸收率則為 3-8%，非血色質鐵必須再通過十二指腸及空腸前段時，成為可溶的型式，才能被吸收，因此易受食物中其它營養素及物質的影響，而非血色質鐵較不受影響乃因小腸中有特殊專一性的血色質結合位置 (specific heme-binding sites) 所致 (Carpenter *et al.*, 1992; Rao *et al.*, 1978; Reddy *et al.*, 2000; Roughead *et al.*, 2000)。此外，攝食的組成份與個人鐵質儲存情況，對於鐵質的吸收亦有重要之影響，即當體內儲存的鐵質降低或耗盡時，鐵質的吸收則會增加 (Allen, 2000; Anderson *et al.*, 1981)。食物中的組成份，對

於鐵質（尤以非血色質鐵為主）吸收扮演著極重要之影響因子，如攝取食物中的抗壞血酸（ascorbic acid），蘋果酸、酒石酸（水果、蔬菜中可發現）等可增加腸道內之酸性，使三價鐵還原成較易吸收的二價鐵，進而促進吸收（Chen *et al.*, 1984；Davidsson *et al.*, 2001；Perks *et al.*, 1996）；另在肉類、魚類等中之食肉因子（meat factor），主要係因其蛋白質分子上含有硫氫基（-SH group）之官能基，可還原三價鐵離子而促進非血色質鐵之吸收（Beveridge *et al.*, 1974；Garcia *et al.*, 1996；Gordon *et al.*, 1989；Layrisse *et al.*, 1984；Martinez *et al.*, 1996；Mulivill *et al.*, 1998；Nemiroskiy *et al.*, 1996；Nemiroskiy *et al.*, 1998；Politz *et al.*, 1988）；而咖啡、可可和茶類等中的單寧酸（tannic acid），蔬菜或穀類食物中的植酸（phytate），會與非血色質鐵結合，形成鐵單寧複合物，而降低其吸收率；食物中若二價金屬離子過多，如鈣、錳、鋅或服用高劑量的礦物質補充劑如鈣片等會造成競爭性抑制而降低二價鐵離子之吸收。此外，各種中和胃酸的制酸劑，會影響胃中的酸性環境，而抑制鐵質之吸收（Ball *et al.*, 1990；Craig, 1994；Deehr *et al.*, 1990；Gleerup *et al.*, 1995；Hartman *et al.*, 1955；Hallberg *et al.*, 1991；Hallberg *et al.*, 2000；Hurrell *et al.*, 1989；Samman *et al.*, 2001）。

2、運輸與利用

(1) 運輸

鐵質於人體內主要係藉由血漿而運輸，其來源有三，分別為自腸道吸收，人體儲存部分的釋放及自血紅素中分解而釋出。人體中每 24 小時置換約 30-35 毫克，稱為血漿鐵質週轉量，其中有 21 毫克的鐵質自破壞紅血球而來，一部份來自肌紅蛋白，僅有 1-1.5 毫克是被吸收進來的；若血漿中的鐵質週轉量過高，則會與肝臟中的鐵質傳遞蛋白結合而降低 (Lieu *et al.*, 2001)。

(2) 利用

鐵質可自血漿進入骨髓中以合成血紅素，血紅素係由一個基礎蛋白質-即球蛋白，與一個非蛋白輔基-血基質 (heme) 結合而成之複合物，血基質分子係由原紫質 (protoporphyrin) 組成，中心為還原鐵，四個血基質分子與一個球蛋白進而形成血紅素；在鐵質與原紫質結合過程中，尚需要銅和維生素 B₆ 之催化。此外，鐵質被吸收入細胞內與細胞能量產生有關，亦是體內某些酵素的輔因子 (Pond *et al.*, 1995)。

(3) 排泄

人體對鐵質的利用是極為經濟且有效率的。當紅血球結束其 120 天的生活史後，在骨髓、脾臟與肝臟受到單核細胞內的內質網 (reticuloendothelial tissues) 清除分解，成為脂溶性的

游離膽紅素進入血液，附著於白蛋白被運送至肝臟，經肝臟作用轉化成水溶性血紅素，即為「直接血紅素」(direct bilirubin)，而游離膽紅素則為「間接膽紅素」(indirect bilirubin)，前者能自腎小球濾過，後者則否，血紅素通過毛細膽管排泄至膽道，經肝管與總膽管運送至十二指腸，於結腸內被細菌還原成尿膽元和尿膽素，大部分尿膽元隨糞便排出，小部分則於結腸內再行吸收，經肝門循環運至肝臟，再轉變成膽紅素。再吸收的尿膽元中，有極小部分進入體循環由腎臟排出；當血液中的紅血球被破壞過多，肝臟負擔增加，肝臟細胞內運送、結合和排泄障礙，或肝外膽管阻塞等，都可能引起血內膽紅素濃度增高而出現黃疸。球蛋白和紅血球內的胺基酸、脂質均能被重新利用，而血紅素之分解再度使鐵釋入血液循環，其餘部分則合成膽色素 (Pond *et al.*, 1995; Lieu *et al.*, 2001)。

成人每天從尿液中排出鐵質約 0.1 毫克，從腸道排出約 0.3-0.5 毫克，流汗和表皮脫落的細胞中也會失去少量的鐵質，總量約為 0.9 毫克；只有當血液流失時，才會造成有實質意義的鐵質流失。婦女每天流失鐵質約 0.6 毫克，若加上月經鐵質流失量，則平均為每日 1.1-2.1 毫克，甚而約有 5% 的婦女自經血中流失的鐵質高於 2.5 毫克 (蕭, 2001; Hallberg *et al.*, 1991; Tapiero *et al.*, 2001)，此亦即婦女較男性易發生缺鐵性貧血之

主要原因。糞便中的鐵質大部分是食物中不溶性的鐵質，而內源性的鐵質則是來自於脫落的黏膜細胞、膽色素和其它消化液 (Lieu *et al.*, 2001 ; Pond *et al.*, 1995)。

(四) 建議攝取量

飲食中攝取之鐵質主要使用於補充每日的流失，滿足生長期兒童、青春期少年血容量與血紅蛋白增加之需，補充行經婦女經血的流失，提供胎兒發育之需，並避免妊娠、哺乳婦女發生貧血，並為任何情況下血液流失而儲存。

不同年齡層每日鐵質需求量與建議攝取量因生理情形不同而異 (表二)。孕婦的膳食必須額外添加鐵質，行經婦女若要達到 15 毫克的攝取量，亦必須額外之添加。在典型膳食中每 1,000 千卡熱量大約含鐵 6 毫克，因此，為了獲得 15 毫克的鐵質，就必須攝取 2,500 千卡的熱量，顯然超過了大多數婦女的需要量，所以，婦女一般鐵質攝取量顯然低於其需要量，雖然其攝取量低於 18 毫克，尚能維持正常的血紅蛋白濃度，但長期下來自然易造成體內儲存鐵質的不足，而有潛在性貧血之危機 (Martin *et al.*, 1996 ; Sawaya *et al.*, 1996)。

行政院衛生署訂定的每日鐵之建議攝取量為：男性及非經期婦女為 10 毫克，行經婦女為 15 毫克，懷孕第三期及哺乳期為 30 毫克，青少年為 15 毫克，兒童為 8-10 毫克，及嬰兒為 7-10

表二、每日鐵質需求量與建議攝取量（毫克/日）¹

Table 2. The daily requirement and recommend intake of iron (mg/day)

	鐵質需求量	建議攝取量
男性和非 經期婦女	0.5-1.0	10
行經婦女	0.7-2.0	15
妊娠婦女	2.0-4.8	30 ²
青少年	1.0-2.0	12-15
兒童	0.4-1.0	10
嬰兒	0.5-1.5	6-10

¹ 行政院衛生署 82 年修訂。

² 婦女懷孕第三期至分娩後兩個月內，每日另以 30 毫克之鐵鹽供給。

毫克。

(五) 食物來源

肉類、魚類和家禽是鐵質的良好來源，美國膳食中這三類食物提供了 30% 的血色質鐵質之來源。此外，肝臟亦是良好的血色質鐵質之來源。其它如全穀類、經鐵質強化的穀類或乳製品、豆類、綠葉蔬菜、蛋類和乾果類食物，亦可提供相當豐富的非血色質鐵質。穀類食物提供了約有 32% 的鐵質，其中一部分是經強化或添加處理過後進入這些食物的，根據不同的類型，添加的鐵質通常是金屬鐵或是硫酸亞鐵之形式加以添加 (Douglas *et al.*, 1981 ; Jacobs, 1987 ; Langstaff *et al.*, 1993 ; Nielsen *et al.*, 1994)。此外，亦可從生物中取出血紅素經濃縮、脫色後加以添加至食物中 (楊等, 1998 ; Clark *et al.*, 1987 ; Rosenberg *et al.*, 1985 ; Stephane *et al.*, 2001)。

瘦肉、家禽和魚類中的鐵質，約有 40% 是血色質鐵，這類鐵質容易被人體所吸收；動物組織中其餘 60% 鐵質與植物性食物中多數所含的為非血素質鐵，其吸收率遠低於血色質鐵，然則在膳食中之總含量則遠遠超過血色質鐵 (Berner *et al.*, 1985 ; Davis *et al.*, 1990 ; Davis *et al.*, 1992 ; Hallerg *et al.*, 1997 ; Hurrell *et al.*, 1988 ; Jackson *et al.*, 1992 ; Miller *et al.*, 1981 ; Monsen *et al.*, 1978)。因此，在平衡膳食中，非

血色質鐵雖可提供大量的鐵質，其利用性則因食物組成份而異，如前述的維生素C等可促進非血色質鐵的吸收，植酸、單寧酸等則會抑制；不同文化背景之飲食習慣造成食物的來源有所不同，如中西方差異、葷素飲食，甚至生病時中西方藥物不同等影響鐵質的吸收差異相去甚遠（Craig, 1994；Du *et al.*, 2000；Helman *et al.*, 1987；N *et al.*, 1995；Rose *et al.*, 1998；Tarasuk *et al.*, 1999）。烹調過程亦可能影響鐵質實際之吸收量，若含水量過高，鐵質可能會隨水而流失，另外，若烹調時使用鐵製廚具，則可因無機鐵質於烹煮時解離而增加食物中的鐵質含量（Garcia *et al.*, 1996；Lieu *et al.*, 2001；Schricker *et al.*, 1983；Slatkavitz *et al.*, 1988）。

二、鐵質之缺乏與影響

鐵質的缺乏可能是世界上最普遍的營養缺乏症狀，全世界約有15%的人口有鐵質缺乏的現象，在中國約有10-70%的人有潛在性貧血的狀況，其中85-95%則是因缺鐵所引起。在美國，則有6-25%的婦女有此一現象（Baker *et al.*, 1979；Ponds *et al.*, 1995；Johnson, 1990）。在國內亦約有40%左右的民眾，有潛在缺鐵性貧血的症狀，尤其是在婦女更高達55%左右（表三）。整體而言，四歲以上的國人總缺鐵率為男性2.1%，女性10.7%；缺鐵性貧

表三、國人罹患潛在性缺鐵性貧血之百分比(%)

Table 3. The percentage of potential iron deficiency anemia in Taiwan

地區	縣市	女性2,143人	全部2,965人	嚴重程度
北區	台北市	59.4	51.8	1
	台北縣	58.4	48.6	3
	基隆市	56.2	50.4	2
	新竹	55.3	46.2	6
	桃園	66.3	44.6	9
	中壢	53.0	33.8	19
中區	苗栗	50.0	39.1	14
	豐原	56.1	44.1	10
	雲林	53.0	41.8	12
	台中	62.8	44.8	8
	彰化	62.4	48.3	4
南區	高雄	49.6	42.8	11
	新營	50.6	34.9	18
	嘉義	58.9	45.4	7
	台南	51.9	41.6	13
	鳳山	59.2	47.4	5
	屏東	48.5	37.4	16
東區	宜蘭	57.6	38.9	15
	花蓮	47.9	35.0	17
	台東	50.7	30.9	20
全省20縣市平均值		55.7	42.8	

總有效本數2,965人。

血率為男性0.2% ，女性2.1% ，國人缺鐵以無貧血症狀之缺鐵性貧血為主。研究報告中指出13-18歲兩性鐵質攝取量與缺鐵率的狀況中，男性的鐵質缺乏率在3.2-13.9% 之間，平均值約為6.6% ，女性的鐵質缺乏率在3.3-14.6% 之間，平均值約為8.5% (表四)，此時期男女皆在青春期階段，身體的體積變大，對鐵質之需求量增加，並且女性由於月經失血而需較多的鐵質；但在每日建議量皆少於6毫克的青少年中，女性只有4.0% 的鐵質缺乏，而男性則有13.9% ，可能係因此時期身體急速長大，細胞生長所需之鐵質含量遠大於因經血所流失，故男性更易發生細胞鐵質的缺乏。19-50歲兩性鐵質攝取量與缺鐵率的狀況中，在男性的鐵質缺乏率是0% ，此階段的男性其攝取量皆可達到建議的標準量，沒有缺乏之虞，而女性的鐵質缺乏率在8.9-14.7% 之間，平均約為11.6% (表五)，此階段之婦女，除行經失血外，亦有可能因妊娠而需要補充鐵質(蕭等，1999；蕭，2001；Bothwell, 2000；Hallberg *et al.*, 1991)。

(一) 鐵質缺乏的原因

1、鐵質吸收障礙

鐵質的含量在食物中雖多，但其吸收率則很低；血色質鐵的吸收率約為40% ，非血色質鐵的吸收率則約為5-10% ，並易受

表四、台灣地區 13-18 歲兩性之鐵質攝取量與缺鐵率之關係
 Table 4. The relationship of iron intake and iron deficiency percentage of both sexes in the age of 13-18 years old in Taiwan

鐵攝取量 (mg/day)	達建議量 ¹ 之百分比 (%)	男性總缺鐵率 (%)	女性總缺鐵率 (%)
<6	<40	13.9	4.0
6-10	40-66.7	3.3	12.2
10-14	66.7-93.3	6.1	14.6
>14	>93.3	3.2	3.3

¹ 男女兩性每日鐵質建議攝取量為 15 mg

(蕭等, 1999)

表五、台灣地區 19-50 歲兩性之鐵質攝取量與缺鐵率之關係
 Table 5. The relationship of iron intake and iron deficiency percentage of both sexes in the age of 19-50 years old in Taiwan

鐵攝取量 (mg/day)	達建議量 ¹ 之百分比 (%)	男性 總缺鐵率 (%)	達建議量 ² 之百分比 (%)	女性 總缺鐵率 (%)
<6	<60	0	<40	14.7
6-10	60-100	0	40-66.7	11.2
10-14	100-140	0	66.7-93.3	8.9
>14	>140	0	>93.3	11.7

1 男性每日鐵質建議攝取量為 10 mg。

2 女性每日鐵質建議攝取量為 15 mg。

(蕭等，1999)

食物中單寧酸、植酸等因子抑制其吸收，而降低其吸收率。

2、鐵質需求量增加

當身體有發炎、腫瘤、懷孕期或正值青春期的都是人體鐵質需求量相對高的時期。有些女性血紅素正常，但存鐵量很低，一旦懷孕或生病，也會有鐵質不足的情形發生 (Bothwell,2000)。

3、鐵質異常流失

當胃潰瘍、痔瘡、大腸癌等出血或月經失血過多等，一般而言，血液的流失才會造成有意義的鐵質流失(Hallberg *et al.*, 1991)。

4、兒童發育期之生理缺鐵

胎兒是在母體妊娠後期才從母體中獲得大量的鐵質，在嬰兒出生的一年後，體重為出生時的三倍，而體內鐵質則只增加兩倍左右，因此若此時鐵質攝取不足，則易產生鐵質的缺乏。此外，小兒時期與青春期的身體急遽發育，也需要注重鐵質的攝取，以免產生鐵質之缺乏(Beard, 2000 ; Pehrsson *et al.*, 2001 ; Sheard *et al.*, 1994)。

5、內分泌失調 (chlorosis)

內分泌失調，使得血色質鐵的接受體減少、影響細胞正常生理或造成腸胃道酸鹼性的異常等均會降低鐵質之吸收。

6、攝取的飲食中缺鐵

飲食中，若長期素食者，或飲食不均衡，或飲食中常含有許多抑制鐵質吸收的因子，如植酸、單寧酸等，亦會不利鐵質的吸收(Ball *et al.*, 1990 ; Craig, 1994)。

(二) 鐵質缺乏的影響

鐵在體內扮演著十分重要的角色，不但可將氧氣運至組織，亦是許多有關能量代謝與體溫調節酵素之輔因子。鐵質是我們人體之必需元素，參與許多重要的生理活動。不但是製造紅血球所必須，亦是體內含鐵質的複合物及酵素，供應氧氣與催化體內代謝、能量供應系統等不可獲缺的物質。鐵質一旦缺乏，會導致身體代謝、神經傳導物質合成以及蛋白質合成的改變，而影響免疫功能、紅血球的製造，使得氧氣供應不足，並使人體細胞中之能量供應出現障礙，進而導致人們會有疲勞、虛弱、昏眩、呼吸急促、心跳加快或心悸、臉色蒼白等現象；工作能力、運動耐力降低，人們在寒冷的環境中維持體溫之能力變差，免疫力低落，容易生病，並因到達腦部的氧氣量不足，引起注意力不集中，思緒無法清晰敏捷，造成記憶力減退 (Beard *et al.*, 1990; Beard *et al.*, 2000)。鐵質缺乏還會影響葡萄糖的轉換率，而影響粒線體上酵素之氧化，使葡萄糖新生成作用及葡萄糖水解作用速率增加，導致粒線體產生ATP之能力受損。並由於血液中的葡萄糖濃

度增加，使得胰島素的敏感性增加，而增加體內胰島素含量，進而造成胰島素代謝能力降低。上述體內之影響，若發生在兒童，會影響認知能力、注意力及學習記憶力，發生智能不足和行為障礙。孕婦易有早產、產後併發症與嬰兒體重不足、出現異食症、指甲異常、精神和動作上發育遲緩，智力語言和認知能力較差等現象發生。此外，由於鐵質的吸收減少，可能相對的使鉛的吸收量增加，造成鉛中毒之機會大增 (Allen. 2000;Brigham *et al.*,1996;Lieu *ea al.*,2001;Rosenzweig *et al.*,1999)。

因鐵質缺乏，造成貧血的現象，吾人稱為缺鐵性貧血。然如過度失血、遺傳因素貧血、藥物干擾、紅血球破壞過多或營養素缺乏等（如蛋白質、鐵質、維生素B₁₂、維生素E、維生素C、葉酸等），都可能是貧血的病因，亦並非所有的貧血發生的原因皆與營養因素有關，但治療時仍以藉著補充營養之方式來達到恢復的目的。若營養性貧血發生時，則補充所缺之營養物質以期改善；其中仍以缺鐵性貧血為最普遍的營養性疾病，臨床上則是給予無機鐵鹽或經螯合過的無機鐵鹽用為鐵劑之補充(Mosen 1999;Rosenberg *et al.*,1985;Wien *et al.*,1991;Wood *et al.*,1998)。

（三）缺鐵的三個階段

鐵質缺乏的判斷可由增加鐵質缺乏之連續臨床症狀武斷地選擇點加以分為三個時期，雖說如此，仍是三個重疊而連續的階段 (School, *et al.*, 1992)。

1、第一階段

儲存鐵質的耗盡。此階段中，鐵質於肝臟、脾臟及骨髓之儲存量降低，在骨髓中，巨噬細胞中的含鐵母紅血球 (sideroblasts) 消失；血清鐵蛋白之濃度下降至 $12\mu\text{g/L}$ 以下，鐵質在骨髓的巨噬細胞中無法看見，並且血漿中的鐵質總結合容量 (total iron binding capacity; TIBC) 上升。

2、第二階段

鐵缺乏性紅血球生成。此階段中，提供發育中紅血球前質，以製造正常血紅素的鐵質不足，不過人體尚未達貧血狀態。除上述異常外，尚可發現，運鐵蛋白和鐵質的百分飽和度實質上降低；游離紅血球原紫質 (free erythrocyte protoporphyrin; FEP) 上升，在製造血基質的最後一個步驟，鐵質會和原紫質結合，以形成血基質，然則當鐵質不足時，則原紫質則會上升，會增加與鉛的結合而造成鉛中毒之機會，並會開始有小紅血球增多症狀。

3、第三階段

產生缺鐵性貧血。在此階段，所有上述的狀況皆會出現，血

紅素濃度已經降到正常範圍以下。當貧血變更嚴重時，小紅血球增多症更嚴重，紅血球大小不一(anisocytosis)變得更加明顯，而不正常形狀之細胞顯示不正常的紅血球合成，例如延長的所謂「鉛筆細胞」(pencil cell)，在血液抹片上可被發現。

(四) 鐵質缺乏的飲食原則

1、多攝取富含鐵質之食物

深色肉類、肝臟、蛋黃、牛奶、貝類、乾果類、全穀類、葡萄乾、綠色蔬菜等(Gordon, *et al.*, 1989；)。

2、適量攝取高生理價之蛋白質

奶類、蛋、魚、肉類等，可以合成促進鐵質吸收之蛋白質，以利其吸收(Hurrell, *et al.*, 1989)。

3、補充維生素C含量豐富之食物

維生素C可以促進鐵質之吸收，富含維生素C的食物有，深綠色及黃紅色蔬果，如蕃茄、柑橘類、番石榴和檸檬等(Davis, *et al.*, 1992；Hurrell, *et al.*, 1999；Lucarini, *et al.*, 2000；Perks, *et al.*, 1996)。

三、豬肝臟的使用與其營養價值

豬肝臟，很早就是中國人的營養聖品，從營養觀點來看，其

不論是在蛋白質、維生素或礦物質的含量都極優良。曾幾何時，消費者因藥物殘留如磺胺劑等、飲食習慣改變之因素，與之漸行漸遠，不但價錢便宜，甚至有回收處理之困擾（邱，1995；戴，1989）。

（一）豬肝臟的使用

豬肝臟是豬隻的副產品之一，每副肝臟約為 1.3 公斤，約佔其活體重之 1.5%（陳，1999）。豬肝臟過去在中國人傳統所謂「吃肝補肝」食補觀念上被消費了數千年，作為一滋養補品來食用，也是許多病人手術後的優良補品，其價錢一度甚至曾高於豬肉的價錢許多；一般消費方式除了可作生鮮供食用外，由於肝臟其特殊風味及色澤而不易入菜，亦可製成黑色肝香腸、富油脂之肝醬及以「蘭陽名產」而知名的高鹹度煙燻膽肝，也都是消費者曾經的最愛。

一般而言，在豬隻飼養的過程中，為了預防疾病及促進生長，養豬戶常在飼料中添加抗生素及磺胺劑等藥物以預防疾病、促進生長，此等藥物會殘留在肝臟中，而造成藥物殘留的問題，使得消費者基於對豬肝臟之衛生及安全的考量上，與健康概念「低脂、低鹽」的飲食習慣，造成對肝臟生鮮與加工品的消費大減，逐漸「望肝卻步」難再為多數消費者接受而成為一廉價副產

物。

近三年來，本省豬隻年平均屠宰量約 1,200 萬頭（廖，1995），而每一頭肉豬就有一副肝臟，因此每年約可產生一萬五千六多公噸的豬肝臟。除少部份食用外，大多做為飼料使用，此一銷售之低落，甚至還造成處理上的困難。

（二）豬肝臟的營養價值

豬肝臟很早就是中國人的補品，為許多有效成分之寶庫，具滋養、強壯及特殊疾病之治療效果；從營養的觀點來看，我們不難發現不論是蛋白質、維生素及礦物質的含量，其都有成為民間營養品“寵兒”的科學根據。

相較於其他的豬隻內臟副產物，豬肝臟蛋白質含量最高，代謝能最低如表六所示。此外，鐵質、維生素 A、B₁、B₂ 及菸鹼酸之含量亦豐富，其必需胺基酸如離胺酸(lysine)、白胺酸(leucine)、異白胺酸(isoleucine)、羥丁胺酸(threonine)及纈草胺酸(valine)等必需胺基酸含量相當豐富。

1、蛋白質

在不同的年齡層及生理狀態下，每人每日所需的蛋白質量亦有所不同。如果蛋白質攝取不足，在兒童時期會造成生長停止，智力發育不良，即使在成人，亦會造成對疾病的抵抗力減弱、

表六、豬隻副產物之粗蛋白質與代謝能
 Table 6. The crude protein and metabolism energy
 of porcine by-product

	粗蛋白質 (%)	代謝能 (kcal)
肝臟	72.8	3840
腎臟	67.1	4680
心臟	66.7	4790
胃	64.3	4925
舌	47.7	5950
小腸	39.5	6520
大腸	33.4	6950

(大成，1996。)

貧血，如有傷口，癒合變差，甚至加速組織老化。在豬肝臟中，每 100g 中有 30g 的蛋白質含量，與其他不同食物相較下，和每 100g 的牛肉與雞肉相等，而略高於豬、羊和魚肉如表七所示；每 100g 的豬肝臟中幾乎含有各年齡層每日建議量所需蛋白質含量的一半以上，是優良的蛋白質來源。

2、維生素 A

維生素 A 供給正常的發育與維持生命所需，尤其是上皮組織黏膜細胞之製造，牙齒發育和視力的維護。缺乏則會造成孩童的發育停止、牙齒成形不全、夜盲與抵抗感染力減低等。維生素 A 主要是自動物性食物中獲得，如肝臟、蛋黃和牛乳等，其他肉類則極低；此外深綠及深黃色的蔬果含有胡蘿蔔素，可在人體小腸和肝臟中以兩分子的胡蘿蔔素轉換成一分子的維生素 A。每 100g 的豬肝臟中有 43,800IU 的維生素 A 含量，遠超過其他食物所能供給，亦可達到各年齡層每日建議量之所需，是優良的維生素 A 來源。

3、維生素 B₁

維生素 B₁ 是維生素 B 群中最重要的一種，人體內碳水化合物轉變成能量時需維生素 B₁ 的參與方可完成。此外亦與神經之健康關係密切，可促進食慾，幫助食物的消化與吸收。極度缺乏時會引起腳氣病，少量缺乏則會造成便秘、肌肉鬆弛、疲勞、食

表七、不同食物之蛋白質與鐵質含量

Table 7. The content of protein and iron from different foods

	蛋白質(g)	鐵質(mg)
豬肝 (100g)	30	18.0
牛肉 (100g)	30	3.7
豬肉 (100g)	28	3.5
羊肉 (100g)	27	2.0
雞肉 (100g)	30	1.5
魚肉 (100g)	26	1.1
蛋1個	6	1.1
牛乳250ml	9	

(張，1985)

慾不振、沮喪不安等。由於體內無法大量儲存維生素 B₁，因此必須每日由食物中攝取；豬肉是最好的維生素 B₁ 的來源，每 100g 含 1.03 毫克的維生素 B₁，而每 100g 的豬肝臟中，則含有 0.33 毫克的維生素 B₁，高於羊肉的 0.22 毫克，牛肉的 0.10 毫克，並遠高於其他的食物。每 100g 豬肝臟中的維生素 B₁ 含量，即已達到孩童每日建議量之所需及成人所需的 2/3，是優良的維生素 B₁ 的來源。

4、維生素 B₂

維生素 B 在體內可與蛋白質結合成許多重要的氧化酵素，使醣類、脂肪酸、胺基酸的氧化作用得以完成。其功能可維護眼睛的健康與視力和皮膚的健康。缺乏時會造成眼睛紅腫、易疲倦、畏光，並出現類似白內障的症狀，視力模糊，甚至失明；孩童則會停止皮膚生長，過早老化，或引起皮膚的病變，如口角發炎與舌頭發炎等。每 100g 的豬肝臟中有 4.46 毫克的維生素 B₂ 含量，遠超過同重量牛肉的 0.39 毫克，豬肉的 0.29 毫克，羊肉的 0.32 毫克。每 100g 的豬肝臟中所含的維生素 B₂ 含量，即可達到各年齡層每日建議量之所需，是優良的維生素 B₂ 的來源（張，1985）。

5、維生素 B₁₂

維生素 B₁₂ 可以促進核酸之生成，對醣類和脂肪的代謝具重要功能，對消化吸收非常重要，缺乏時會引起惡性貧血。豬肝臟

是很好的維生素 B₁₂ 攝取來源，每 100g 即可達到各年齡層每日建議量之所需，是優良的維生素 B₁₂ 的來源（張，1985）。

6、菸鹼酸

菸鹼酸是體內酵素之重要成分，其需要量與熱量需要量成正比。菸鹼酸可協助建立及維護健康的皮膚與舌頭，可與維生素 B₁ 結合，共同維持神經系統之健全，並且幫助食物的消化吸收。缺乏時則會造成皮膚紅腫，神經沮喪，腹瀉及其他神經症狀。每 100g 的豬肝臟中，則含有 20.1 毫克的菸鹼酸含量，高於家禽肉的 8.1 毫克，羊肉的 7.6 毫克，魚肉的 5.5 毫克，牛肉的 4.5 毫克，豬肉的 4.4 毫克，並遠高於其他的食物（張，1985）。每 100g 即可達到各年齡層每日建議量之所需，亦是優良菸鹼酸的來源。

7、鐵質

鐵質與血紅蛋白（hemoglobin）結合後形成血液中的血紅素，為負責攜帶氧氣至各個細胞主要成份。如果缺鐵造成貧血，則會面色蒼白，呼吸短促，皮膚乾燥，腸胃不適，昏眩等症狀。每 100g 的豬肝臟中，則含有 18 毫克的鐵質含量，高於牛肉的 3.7 毫克，豬肉的 3.5 毫克，羊肉的 2.0 毫克，家禽肉的 1.5 毫克，魚肉的 1.1 毫克，並遠高於其他的食物如表七所示。每 100g 即可達到各年齡層每日建議量之所需，是優良鐵質的來源。

豬肝臟也是許多維生素 B 群在大自然中最佳的食物來源，如泛酸(pantothenic acid)、葉酸(folic acid)、膽素(choline)及生物素(biotin)等。此外，豬肝亦含有豐富的磷、鈉、鉀、鎂、銅、維生素 C 及維生素 K，故肝臟可以稱的上是大自然界營養非常豐富的食物（陳，1994）。

四、肝臟之再利用

肝臟為一營養優良且豐富的食品，由於衛生安全的考量，多數的消費者望之卻步，此不僅銷售低落，還造成處理上的困難。此一量多且極富營養價值之內臟組織，如能將其色、味淡化成兼具高蛋白質與高鐵之易溶性粉末產品，則不但可將此副產物價值提高，並可調入配方食品中作為蛋白質-鐵質之添加劑及提高鐵質利用之效率。

材 料 與 方 法

一、試驗材料

(一) 豬肝臟

購自市售之新鮮豬肝臟(FL)，除去筋、膜等結締組織，置於4°C之冷藏櫃中備用。

(二) 供試酵素、鐵劑及指示劑

1、胃蛋白酵素(pepsin)：EC 3. 4. 23. 1 DAB, Ph Eur. Merck.

2、胰蛋白酵素(trypsin, pankreasprotase)：Cat. NO.

11781. Ferak.

3、非血色質試劑：購自片山試藥株式會社(NO. F-0015)，分子式： $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ，(M. W. =162. 22)。

4、亞鐵離子定量指示劑：購自林純藥工業株式會社 (NO. JBL07083)，分子式： $\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，(M. W. =198. 22)。

(三) 豬肝粉末之製備

依沼田等 (1993) 之方法修飾敘述如下。

1、豬肝粉樣品之製備

(1) 取適量豬肝，修整細切後加入 5 倍 (v/v) 蒸餾水。

(2) 在 2°C 下攪打細碎，時間為 15 分鐘。

- (3) 轉速 5,000×g，15 分鐘離心。
- (4) 濾出沈澱物再加入 5 倍 (v/v) 蒸餾水。
- (5) 依序重複 (2)、(3) 及 (4) 步驟 2 次。
- (6) 收集各次所得之上清液以活性碳過濾後，即為水溶性溶液部分 (water soluble fraction)。
- (7) 收集沈澱部分加入 5 倍 (v/v) 0.6M NaCl 溶液。
- (8) 重複 2-4 步驟 (惟蒸餾水以 0.6M NaCl 溶液取代之) 後，以 5,000×g 離心 15 分鐘。
- (9) 收集得上清液以活性碳過濾後，此即為鹽溶性溶液部分 (salt soluble fraction)。
- (10) 收集所得之沈澱物即為不溶性部分 (insoluble fraction)。
- (11) 分別將 (6)、(9) 與 (10) 所得之產物冷凍乾燥。
- (12) 將細塊狀乾燥之豬肝粉以 -20°C 冷凍後，先以研鉢粗磨後再置入磨粉機中細磨即分別製得水溶性肝粉(WPF)、鹽溶性肝粉(SPF)及不溶性肝粉(IPF)。

2、豬肝粉之水解

- (1) 依周 (1987) 之方法修飾如下。分別取水溶性肝粉 (WPF)，鹽溶性肝粉 (SPF)，與不溶性肝粉 (IPF) 粉末各 5g，以

250ml 蒸餾水懸溶。

(2) 加入胃蛋白酵素 1:100 (W/W)，以 0.1N HCl_(aq) 調整至 pH2.0，在 37°C 下水浴 2 小時進行水解。

(3) 續以 0.1N NaOH_(aq) 調整 pH 至 7.0，加入胰蛋白酵素 1:50 (W/W)，在 37°C 下水浴 30 分鐘。

(4) 加熱至 80°C，30 分鐘，使酵素失活。

(5) 遠心離心 (12,000×g，10 分鐘)。

(6) 分別濾出上清液，經冷凍乾燥即得酵素水解水溶性肝粉 (DWPF)、酵素水解鹽溶性肝粉 (DSPF) 與酵素水解不溶性肝粉 (DIPF) 三部分。

二、分析項目

(一) 一般成分分析

各樣品之水分、灰分、粗脂肪與粗蛋白質分別依 A、O、A、C 方法測定，而豬肝臟之氮係數 (nitrogen factor) 為 6.25。

(二) 收率

將經乾燥之 WPF、SPF、IPF、DWPF、DSPF 與 DIPF 之肝粉樣品分別稱重，並與原先新鮮肝臟重經比較而得。其計算方式為： $W_d/W_f \times 100\%$ ，其中 W_d 為經經乾燥之 WPF、SPF、IPF、DWPF、DSPF 與 DIPF 之肝粉樣品重， W_f 則為新鮮肝臟重。

(三) 肝粉之溶解度

依周 (1987) 之方法經修飾如下。

- 1、以 HCl 或 NaOH 配製 pH2.0~pH10.0 之溶液 100ml。
- 2、分別加入 WPF、SPF、IPF、DWPF、DSPF 與 DIPF 肝粉各 0.5g，充分攪拌 30 分鐘。
- 3、於室溫下，以 3,000×g，離心 30 分鐘。
- 4、以雙脲法 (Biuret method) 測定上清液蛋白質濃度，作為該 pH 值之蛋白質溶解度。
- 5、分別以 WPF 與 DWPF 在 pH3.0 下之蛋白質溶解度為 100%，再與前述數值比較即得相對溶解度 (relative solubility)。

(四) 對鐵離子 (Fe (III)) 還原性之測定：

1、亞鐵離子 (Fe (II)) 檢量線的製作

- (1) 依沼田 (1992) 方法經修飾敘述如下。取 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 溶於蒸餾水中，分別配製成濃度 0、2.5、5、7.5、10、12.5、15 及 17.5ppm 之標準溶液。
- (2) 取上述亞鐵標準濃度溶液各 95ml 置於錐形瓶中，分別加入亞鐵離子指示劑 5ml (1,10-phenantroline) 使之混合均勻。
- (3) 於 37°C 水浴 30 分鐘後，以轉速 2,200×g 離心 15 分鐘。

- (4) 取上層離心液，於分光儀 (V530 Jasco SERIAL. NO. B151160512 Japan.) 以 530nm 波長下測其吸光值，作為亞鐵離子之不同濃度吸光值檢量線。

2、對鐵還原能力的測定

- (1) 依沼田 (1992) 與 Mulvihill (1998) 之方法敘述如下。將各部分冷凍乾燥肝粉懸溶於 5ml 蒸餾水中，定量其濃度分別為 0、0.01、0.03、0.05、0.1、0.3 與 0.5 %。
- (2) 加入 100ppm 之 $\text{FeCl}_3(\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ 各 1.5ml，分別再加入濃度 5% 亞鐵離子指示劑 5ml。
- (3) 於 37°C 水浴 30 分鐘後，以轉速 2,200 \times g 遠心離心 15 分鐘。
- (4) 取上層離心液，立刻置於分光儀中以 530nm 波長下測其吸光值，並與檢量線比對作為代表各部分肝粉將鐵離子 (Fe (III)) 還原成亞鐵離子 (Fe (II)) 之含量。

三、統計分析

試驗所得之實驗數值皆以統計分析系統 SAS 套裝軟體(1997) 分析處理，採一般線性模式程式 (General Linear Models Procedure; GLM) 進行不同部分肝粉與添加不同濃度肝粉溶液之差異性檢定，並以 T test 比較各平均數值之差異顯著性。

結果與討論

一、一般成分分析

新鮮肝臟 (FL) 之水分、灰分、粗脂肪及粗蛋白質含量分別為 71.68 ± 1.98 、 1.52 ± 0.12 、 4.10 ± 0.22 及 $21.36 \pm 1.22\%$ 。乾燥後之全肝粉 (DWFL)、水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF) 與不溶性肝粉 (IPF) 四個樣品之一般成分分析結果如表八所示。

水分方面，乾燥後四個樣品中以乾燥後全肝粉 (DWFL) $0.46 \pm 0.12\%$ 最高，但與水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF) 與不溶性肝粉 (IPF) 差異不顯著 ($P > 0.05$)，係因經乾燥後之樣品水分含量皆明顯降低之故。

灰分方面，以乾燥後全肝粉 (DWFL) $5.18 \pm 0.33\%$ 為最高，其與水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF) 與不溶性肝粉 (IPF) 等三樣品相比較達顯著差異 ($P < 0.05$)；不溶性肝粉 (IPF) 之灰分含量以 $3.17 \pm 0.52\%$ 次之，與另外三個樣品相比達顯著差異 ($P < 0.05$)，因大部分不可溶之灰分存在於此樣品所造成。水溶性肝粉 (WPF) 與鹽溶性肝粉 (SPF) 兩者之間則差異不顯著 ($P > 0.05$)。

粗脂肪方面，以乾燥後全肝粉 (DWFL) 為 $19.23 \pm 0.96\%$ 最高，不溶性肝粉 (IPF) $17.86 \pm 1.98\%$ 次之，兩者間差異不顯著 ($P > 0.05$)，而水溶性肝粉 (WPF) 及鹽溶性肝粉 (SPF) 則因處

表八、不同肝臟樣品之一般成份分析

Table 8. Proximate analysis from different fraction of liver powder

樣品	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白質
Sample	Moisture	Ash	Crude fat	Crude protein
	————— % —————			
DWFL ¹	0.46±0.12 ^a	5.18±0.33 ^a	19.23±0.96 ^a	73.83±2.36 ^a
WPF ²	0.26±0.08 ^a	1.12±0.20 ^b	0.23±0.08 ^b	94.32±1.43 ^b
SPF ³	0.15±0.06 ^a	1.02±0.12 ^b	0.68±0.07 ^c	93.55±3.12 ^b
IPF ⁴	0.18±0.05 ^a	3.17±0.52 ^c	17.86±1.98 ^a	75.49±2.54 ^a

¹：經乾燥處理之全肝粉。

¹：Dry whole fresh liver.

²：水溶性部分肝粉。

²：Water-soluble fraction from porcine liver.

³：鹽溶性部分肝粉。

³：Salt-soluble fraction from porcine liver.

⁴：不溶性部分肝粉。

⁴：Insoluble fraction from porcine liver.

^{a-c}：同行中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{a-c}：Different letters in the same column indicate significant difference(P<0.05).

理過程以移除脂質，故含量最低。乾燥後全肝粉 (DWFL) 因水分含量少，使粗脂肪含量相對提高；不溶性肝粉 (IPF) 之粗脂肪含量較高，係粗脂肪並不因經水溶及鹽溶手段處理而溶出之故。

粗蛋白質方面，以水溶性肝粉 (WPF) 與鹽溶性肝粉 (SPF) 含量分別為 $94.32 \pm 1.43\%$ 與 $93.55 \pm 3.12\%$ 最高，與其它兩個樣品含量達顯著差異 ($P < 0.05$)，乾燥後全肝粉 (DWFL) 含量為 $73.83 \pm 2.36\%$ 居次。新鮮肝臟 (FL) 與乾燥後全肝粉 (DWFL) 與吳等 (1998) 及大成 (1996) 所分析之結果相似。

經酵素水解之乾燥全肝粉 (DDWFL)、水溶性肝粉 (DWPF)、鹽溶性肝粉 (DSPF) 與不溶性肝粉 (DIPF) 之一般成分分析結果如表九所示。水分方面，乾燥全肝粉 (DDWFL)、水溶性肝粉

(DWPF)、鹽溶性肝粉 (DSPF) 與不溶性肝粉 (DIPF) 依序為 $0.31 \pm 0.05\%$ 、 $0.22 \pm 0.09\%$ 、 $0.25 \pm 0.06\%$ 與 $0.12 \pm 0.03\%$ ，以乾燥全肝粉 (DDWFL) 含量最高，而不溶性肝粉 (DIPF) 含量最低，但四者間未達顯著差異 ($P > 0.05$)。

灰分方面，以乾燥全肝粉 (DDWFL) 含量 $5.68 \pm 0.74\%$ 最高，與其它三者間達顯著差異 ($P < 0.05$)；水溶性肝粉 (DWPF)、鹽溶性肝粉 (DSPF) 與不溶性肝粉 (DIPF) 三者間灰分含量則未達顯著差異 ($P > 0.05$)。

粗脂肪方面，乾燥全肝粉 (DDWFL) 與不溶性肝粉 (DIPF)

表九、經酵素水解之不同肝臟樣品一般組成分

Table 9. Proximate analysis from different fraction of liver digested with pepsin and trypsin

樣品	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白質
Sample	Moisture	Ash	Crude fat	Crude protein
			%	
DDWFL ¹	0.31±0.05 ^a	5.68±0.74 ^a	17.51±1.14 ^a	72.53±5.23 ^a
DWPF ²	0.22±0.09 ^a	1.65±0.22 ^b	0.49±0.13 ^b	93.92±2.45 ^b
DSPF ³	0.25±0.06 ^a	1.82±0.20 ^b	0.98±0.19 ^c	92.55±1.86 ^b
DIPF ⁴	0.22 ±0.03 ^a	2.08±0.29 ^b	15.87±1.06 ^a	78.40±2.02 ^a

¹：經酵素處理之全肝粉。

¹：Dry whole fresh liver digested with pepsin and trypsin.

²：經酵素處理之水溶性部分肝粉。

²：Water-soluble fraction from porcine liver digested with pepsin and trypsin.

³：經酵素處理之鹽溶性部分肝粉。

³：Salt-soluble fraction from porcine liver digested with pepsin and trypsin.

⁴：經酵素處理之不溶性肝粉。

⁴：Insoluble fraction from porcine liver digested with pepsin and trypsin .

^{a-c}：同行中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{a-c}：Different letters in the same column indicate significant difference(P<0.05).

兩者含量分別以 17.51 ± 1.14 及 $15.87 \pm 1.06\%$ 最多。水溶性肝粉 (DWPF) 及鹽溶性肝粉 (DSPF) 由於水解前之原料脂肪含量已低，故較前兩者含量顯著較低 ($P < 0.05$)。

粗蛋白質方面，以水溶性肝粉 (DWPF) 與鹽溶性肝粉 (DSPF) 含量分別為 93.92 ± 2.45 與 $92.55 \pm 1.86\%$ 最高，與其它兩者含量達顯著差異 ($P < 0.05$)；乾燥全肝粉 (DDWFL) 與不溶性肝粉 (DIPF) 含量分別為 72.53 ± 5.23 與 $78.40 \pm 2.02\%$ ，兩者含量間未達顯著差異 ($P > 0.05$)。經酵素水解之乾燥全肝粉 (DDWFL) 與吳等 (1998) 結果類似。不同部分肝粉經酵素水解前後一般成分之差異不大，惟經酵素水解後之不溶性部分肝粉 (DIPF) 粗蛋白質含量有增加的趨勢。此外，水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF)、經酵素水解之水溶性肝粉 (DWPF) 及經酵素水解之鹽溶性肝粉 (DSPF) 等呈淡黃、無異味之粉狀物，其他則色澤較深成微紅褐色，帶有脂肪風味。

二、各樣品收率之比較

未經酵素水解肝臟各樣品之收率如表十所示。如新鮮肝臟 (FL) 含量為 100g，乾燥全肝粉 (DWFL) 收率為 28.24% 最高，不溶性肝粉 (IPF) 15.08% 次之，鹽溶性肝粉 (SPF) 為 7.96%，水溶性肝粉 (WPF) 收率為 4.62% 最低。如改以乾燥全肝粉 (DWFL)

重為 100%計算，不溶性肝粉（IPF）收率為 53.40%最高，鹽溶性肝粉（SPF）為 28.19%次之，水溶性肝粉（WPF）16.35%最低。此因肝臟成分中，灰分、粗脂肪與粗蛋白質皆以不溶性肝粉（IPF）含量最高，故其收率亦為三者中最高。

經酵素水解肝臟各部分之收率如表十一所示。以新鮮肝臟（FL）含量為 100g，經酵素水解之乾燥全肝粉（DDWFL）收率為 30.65%最高，不溶性肝粉（DIPF）11.01%次之，鹽溶性肝粉（DSPF）為 10.66%，水溶性肝粉（DWPF）收率為 8.84%最低。如改以經酵素水解乾燥全肝粉（DDWFL）重為 100%計算，不溶性肝粉（IPF）收率為 35.92%最高，鹽溶性肝粉（SPF）為 34.78%次之，水溶性肝粉（WPF）28.84%最低。經酵素水解後之肝臟成分中，灰分、粗脂肪與粗蛋白質總含量以不溶性肝粉（IPF）含量最高，故其收率仍為三者中最高。經酵素水解之乾燥全肝粉（DDWFL）與吳等(1998)結果相似。

比較乾燥全肝粉（DWFL）、水溶性肝粉（WPF）、鹽溶性肝粉（SPF）與不溶性肝粉（IPF）四部分經水解酵素作用前後收率之差異，由表十與表十一結果可知，乾燥全肝粉水解與否其收率相當，但酵素水解後之水溶性肝粉（DWPF）增加約一倍，而鹽溶性肝粉（DSPF）部分收率僅略增，水解後之不溶性肝粉（DIPF）收率則略降。造成此等增減之原因可能係經酵素水解後蛋白質分子

表十、肝臟各樣品之收率

Table 10. The yield of different fraction from liver

樣品	重量	收率 ⁶	收率 ⁷
sample	(g)	(%)	(%)
FL ¹	100.00	—	—
DWFL ²	28.24	28.24	—
WPF ³	4.62	4.62	16.35
SPF ⁴	7.96	7.96	28.19
IPF ⁵	15.08	15.08	53.40

¹⁻⁵：敘述同表八。

¹⁻⁵：Same as table 8.

⁶：與新鮮肝臟重量比較之各部分肝粉百分率。

⁶：The weight percentage of different fraction compares with fresh liver.

⁷：與乾燥後全肝粉重量比較之各部分肝粉百分率。

⁷：The weight percentage of different fraction compares with dry whole fresh liver.

表十一、 經酵素水解之肝臟各部分收率

Table 11. The dry weight and percentage of different fraction from liver digested with pepsin and trypsin

樣品	重量	收率 ⁶	收率 ⁷
sample	(g)	(%)	(%)
FL ¹	100.00	—	—
DDWFL ²	30.65	30.65	—
DWPF ³	8.84	8.84	28.84
DSPF ⁴	10.66	10.66	34.78
DIPF ⁵	11.01	11.01	35.92

¹⁻⁵：敘述同表九。

¹⁻⁵：Same as table 9.

⁶：與新鮮肝臟重量比較之各部分肝粉百分率。

⁶：The weightpercentage of different fraction compares with fresh liver.

⁷：與經酵素處理乾燥全肝粉重量比較之各部分肝粉百分率。

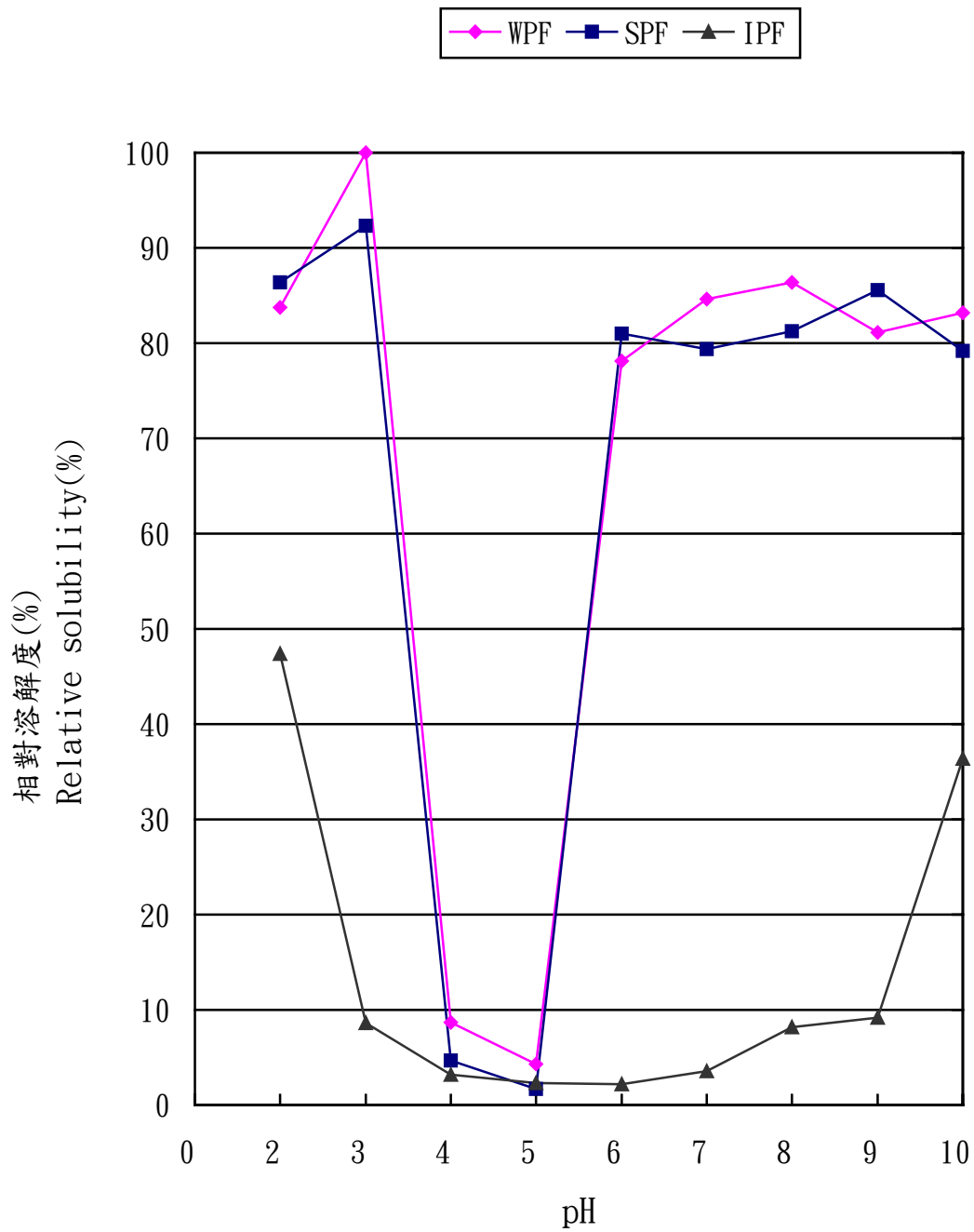
⁷：The weight percentage of different fraction compares with dry whole fresh liver digested with pepsin and trypsin.

變小，而致使其在水與鹽溶液中之溶解度增加，故經酵素水解後之水溶性肝粉（DWPF）與鹽溶性肝粉（DSPF）兩部分收率增加，此亦可由不溶性肝粉（DIPF）減少之量約略與經酵素水解後之水溶性肝粉（DWPF）與鹽溶性肝粉（DSPF）兩者收率增加量相當而獲得證實。

三、不同 pH 對各樣品水中溶解度之影響

將水溶性肝粉（WPF）在 pH3.0 時溶解度訂為 100%，經換算後可得水溶性肝粉（WPF）、鹽溶性肝粉（SPF）與不溶性肝粉（IPF）三部分在不同 pH 值下之相對溶解度，其結果如圖五所示。水溶性肝粉（WPF）在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度低於 10%，pH6.0 時略低於 80%，其餘皆高於 80%；鹽溶性肝粉（SPF）在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度亦低於 10%，且低於水溶性肝粉（WPF）於此狀況下之溶解度，pH7.0 時略低於 80%，其餘皆高於 80%；不溶性肝粉（IPF）其相對溶解度皆低於 50%，其中在 pH3.0～pH9.0 間更低於 10%；故經處理後之水溶性肝粉（WPF）與鹽溶性肝粉（SPF）在一般食品應用範圍之 pH6.0～pH10.0 間其相對溶解度均能維持在 80% 左右。

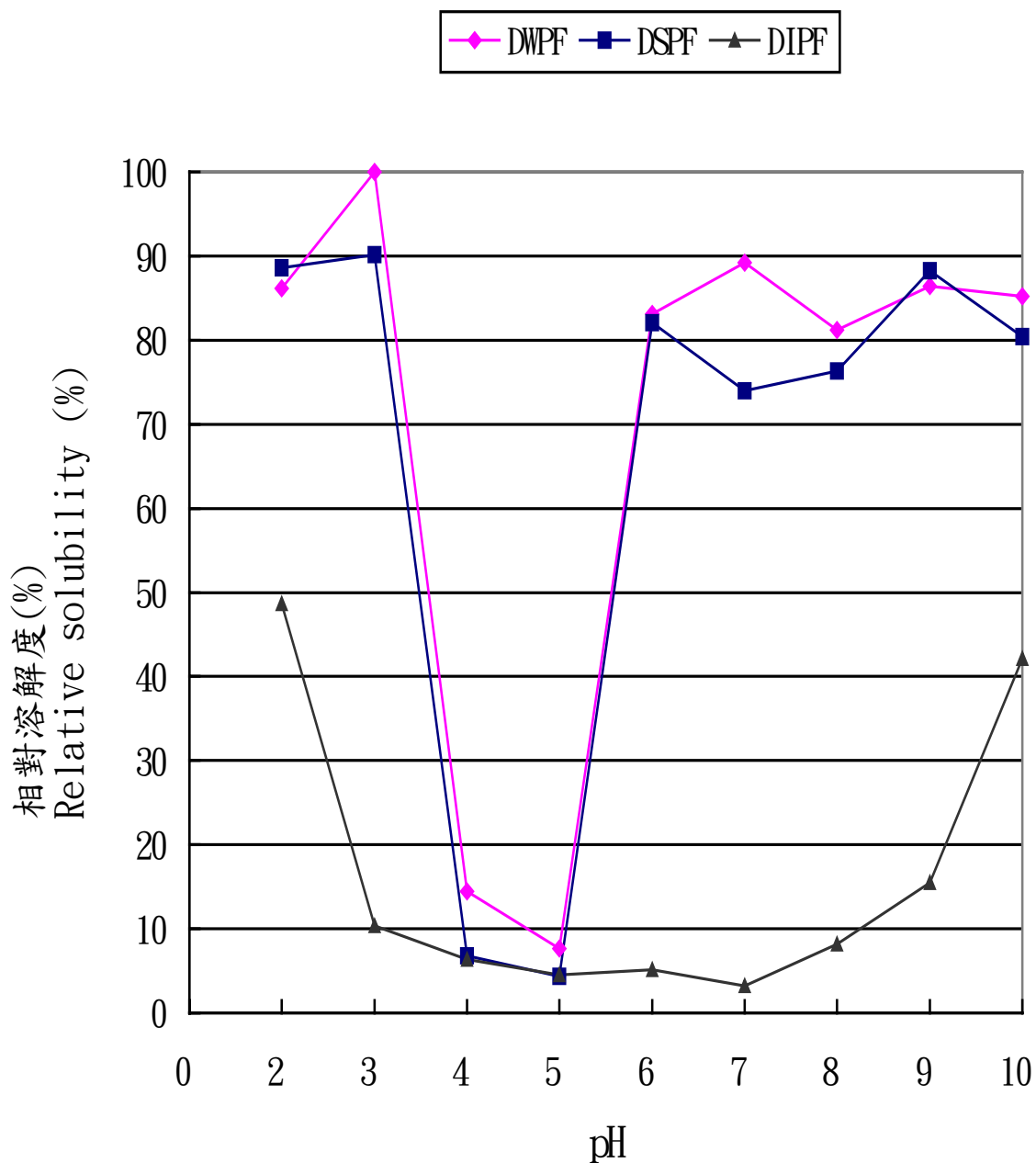
將經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）在 pH3.0 時溶解度訂為 100%，經換算後可得經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）、鹽溶性肝粉（DSPF）與不溶性肝粉（DIPF）三部分在不同 pH 值下相對



圖五、WPF、SPF與IPF在不同pH值下之相對溶解度。
 Fig. 5 Comparison of relative solubility with WPF, SPF and IPF under different pH value.

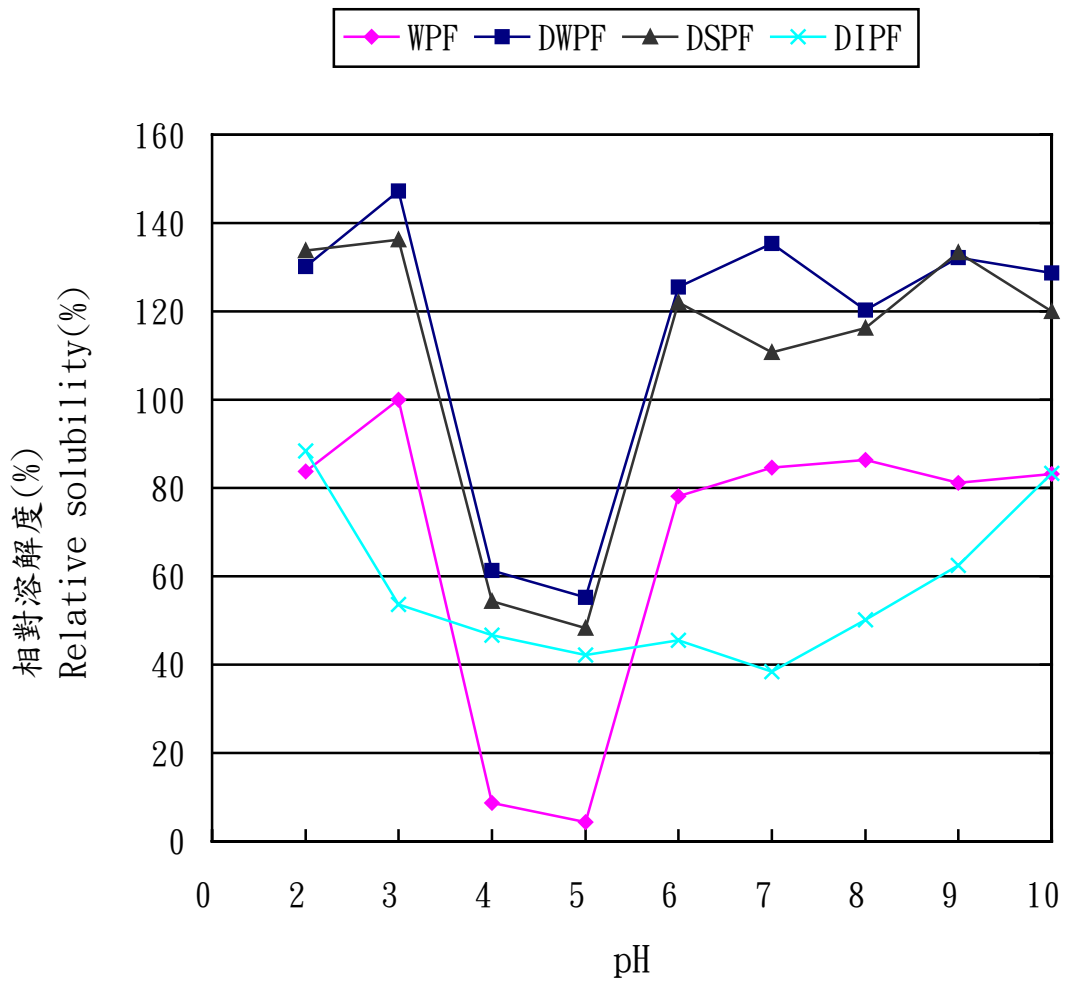
溶解度，其結果如圖六所示。經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）除在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度低於 20%外，其餘皆高於 80%；酵素水解之鹽溶性肝粉（DSPF）在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度低於 10%，且低於水溶性肝粉（WPF）於此狀況下之溶解度，pH7.0 與 pH8.0 時低於 80%，其餘皆高於 80%；酵素水解之不溶性肝粉（DIPF）其相對溶解度皆低於 50%，其中在 pH4.0~pH8.0 間更低於 10%；故經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）與鹽溶性肝粉（DSPF）在 pH6.0~pH10.0 間其相對溶解度均在 75%以上。

將水溶性肝粉（WPF）在 pH3.0 時溶解度訂為 100%，經換算後可得經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）、鹽溶性肝粉（DSPF）與不溶性肝粉（DIPF）三部分在不同 pH 值下相對溶解度，其結果如圖七所示。經酵素水解之水溶性肝粉（DWPF）除在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度約在 60%外，其餘皆高於 120%，並以在 pH3.0 時 147.25%為最高；酵素水解之鹽溶性肝粉（DSPF）在 pH4.0 與 pH5.0 其相對溶解度約在 50%左右，其餘皆介於 110-135%，且略低於水溶性肝粉（WPF）於相同狀況下之溶解度；經酵素水解之不溶性肝粉（DIPF）其相對溶解度皆低於 90%，其中在 pH4.0~pH7.0 間低於 50%；經酵素水解後各部分肝粉其相對溶解度均較未水解前提高約 40-50%，是故，酵素水解可提高肝粉在水溶液中的相對溶解度。



圖六、DWPF、DSPF與DIPF於不同pH值下之相對溶解度。

Fig. 6 Comparison of relative solubility with DWPF, DSPF and DIPF in different.



圖七、以WPF於pH3.0之相對溶解度為100%之DWPF、DSPF與DIPF於不同pH值下之相對溶解度。

Fig.7 Comparison relative solubility of DWPF, DSPF and DIPF in different pH with their relative solubility WPF under pH3.0.

四、各樣品對 Fe (III) 之還原性

未經酵素處理之水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF) 與不溶性肝粉 (IPF) 等三樣品對 Fe (III) 之還原能力如表十二所示。在水溶性肝粉 (WPF) 部分，當添加量為 0.01% ，Fe (II) 之含量為 2.03 ± 0.02 ppm，添加量為 0.03% ，Fe (II) 之含量為 6.12 ± 0.45 ppm，添加量為 0.05% ，Fe (II) 之含量為 8.03 ± 0.62 ppm，隨著添加量的增加，Fe (II) 之含量亦隨之增加，且含量達顯著差異 ($P < 0.05$)，即 Fe (III) 被還原量增加。添加量為 0.05% ，0.1% ，0.3% 與 0.5% 時，Fe (II) 之含量差異不顯著 ($P > 0.05$) 顯示其還原能力似已達飽和。在鹽溶性肝粉 (SPF) 部分，當添加量為 0.01% ，Fe (II) 之含量為 0 ppm/ml，添加量為 0.03% ，Fe (II) 之含量為 0.16 ± 0.01 ppm，添加量為 0.05% ，Fe (II) 之含量為 0.21 ± 0.02 ppm，添加量為 0.1% ，Fe (II) 之含量為 0.52 ± 0.28 ppm，隨著添加量的增加，Fe (II) 之含量略增，但其含量未達顯著差異 ($P > 0.05$)，添加量為 0.3% ，Fe (II) 之含量為 1.76 ± 0.30 ppm，添加量為 0.5% ，Fe (II) 之含量為 3.08 ± 0.31 ppm，Fe (II) 之含量達顯著差異 ($P > 0.05$)。

在不溶性肝粉 (IPF) 部分，當添加量為 0.01% 、0.03% 與 0.05% 時，Fe (II) 之含量皆為 0 ppm，添加量為 0.1% ，Fe (II) 之含量為 0.08 ± 0.01 ppm，添加量為 0.3% ，Fe (II) 之含量為 0.18

表十二、未經酵素處理肝粉對 Fe(III) 還原之能力

Table 12. The ability of Fe³⁺ reduction from different fraction of liver undigested with pepsin and trypsin

Fe(II) 的含量 (ppm/ml)			
Type of liver powder			
Liver powder content (%)	WPF ²	SPF ³	IPF ⁴
0 ¹	0 ^a	0 ^a	0 ^a
0.01	2.03±0.02 ^{b, A}	0 ^{a, B}	0 ^{a, B}
0.03	6.12±0.45 ^{c, A}	0.16±0.01 ^{b, B}	0 ^{a, B}
0.05	8.03±0.62 ^{d, A}	0.21±0.02 ^{b, B}	0 ^{a, B}
0.1	8.87±0.83 ^{d, A}	0.52±0.28 ^{b, B}	0.08±0.01 ^{b, C}
0.3	8.92±1.22 ^{d, A}	1.76±0.30 ^{c, B}	0.18±0.04 ^{b, C}
0.5	9.26±1.08 ^{d, A}	3.08±0.31 ^{d, B}	0.21±0.08 ^{b, C}

¹ : 以蒸餾水作為對照組。

¹ : Distilled water for control.

²⁻⁴ : 敘述同表八。

²⁻⁴ : Same as table 8.

^{a-d} : 同行中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{a-d} : Different letters in the same column indicate significant difference(P<0.05)

^{A-C} : 同列中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{A-C} : Different letters in the same row indicate significant difference(P<0.05)

± 0.04 ppm，添加量為 0.5%，Fe(II)之含量為 0.21 ± 0.08 ppm，其含量未達顯著差異 ($P > 0.05$)。當比較相同添加量之水溶性肝粉 (WPF)、鹽溶性肝粉 (SPF) 與不溶性肝粉 (IPF) 對 Fe(III) 還原力的差異時，不論添加量為何，皆以水溶性肝粉 (WPF) 為最大，且差異達顯著差異 ($P > 0.05$)。

經酵素處理之水溶性肝粉 (DWPF)、鹽溶性肝粉 (DSPF) 與不溶性肝粉 (DIPF) 三部分對 Fe(III) 之還原能力如表十三所示。在經酵素水解之水溶性肝粉 (DWPF)，當添加量為 0.01%，Fe(II) 之含量為 1.08 ± 0.01 ppm/ml，添加量為 0.03%，Fe(II) 之含量為 3.03 ± 0.22 ppm/ml，添加量為 0.05%，Fe(II) 之含量為 6.08 ± 0.25 ppm/ml，隨著添加量的增加，Fe(II) 之含量亦隨之增加，且含量達顯著差異 ($P < 0.05$)，即 Fe(III) 被還原量增加。

中，經酵素水解之鹽溶性肝粉 (DSPF) 與不溶性肝粉 (DIPF) 對 Fe(III) 還原力的差異時，兩者未達顯著差異 ($P > 0.05$)。

當比較相同樣品肝粉經酵素處理與否對 Fe(III) 之還原能力時，在水溶性肝粉 (WPF)，未經酵素水解之水溶性肝粉 (WPF)，於添加量為 0.01%、0.03% 與 0.05% 時，對 Fe(III) 之還原能力較經酵素處理之水溶性肝粉 (DWPF) 略佳，但未達顯著差異 ($P > 0.05$)；在添加量為 0.1%、0.3% 與 0.5% 時，則兩者對 Fe(III) 還原力似已達飽和因而彼此間差異不大 ($P > 0.05$)；在鹽溶性肝粉 (SPF)，

表十三、經酵素水解肝粉對 Fe(III) 還原之能力

Table 13. The ability of Fe³⁺ reduction from different fraction of liver digested with pepsin and trypsin

Fe(II) 的含量 (ppm/ml)			
Type of liver powder			
Liver powder content (%)	DWPF ²	DSPF ³	DIPF ⁴
0 ¹	0 ^a	0 ^a	0 ^a
0.01	1.08±0.01 ^{b, A}	0 ^a	0 ^a
0.03	3.03±0.22 ^{c, A}	0.05±0.02 ^{a, B}	0.06±0.01 ^{b, B}
0.05	6.08±0.25 ^{d, A}	0.21±0.08 ^{b, B}	0.12±0.02 ^{b, B}
0.1	8.76±0.62 ^{e, A}	0.31±0.05 ^{b, B}	0.39±0.04 ^{c, B}
0.3	8.58±0.52 ^{e, A}	1.07±0.35 ^{c, B}	0.91±0.12 ^{d, B}
0.5	8.73±0.45 ^{e, A}	1.96±0.58 ^{c, B}	2.16±0.20 ^{e, B}

¹ : 以蒸餾水作為對照組。

¹ : Distilled water for control.

²⁻⁴ : 敘述同表九。

²⁻⁴ : Same as table 9.

^{a-e} : 同行中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{a-e} : Different letters in the same column indicate significant difference(P<0.05)

^{A-B} : 同列中不同字母表示有顯著差異(P<0.05)。

^{A-B} : Different letters in the same row indicate significant difference(P < 0.05)

未經酵素水解之鹽溶性肝粉 (SPF)，僅在添加量為 0.03%、0.1% 與 0.5% 時，對 Fe (III) 之還原能力較經酵素處理較鹽溶性肝粉 (DSPF) 佳，除此之外，則兩者間差異不大；在不溶性肝粉 (IPF)，經酵素水解之不溶性肝粉 (DIPF)，於不同添加量中除 0.01% 仍為 0 外，其餘者皆對 Fe (III) 之還原能力較未經酵素處理之不溶性肝粉 (DIPF) 為佳；此原因可能為對 Fe (III) 還原能力之蛋白質分子大小，在水溶性肝粉 (WPF) 與鹽溶性肝粉 (SPF) 狀態時蛋白質分子大小最適當，其還原力最佳所致，若再經酵素分解後，蛋白質分子變小，對 Fe (III) 還原能力則下降，此亦可由不溶性肝粉 (IPF) 部分經酵素水解後，蛋白質分子變小，而具有較佳還原力大小之蛋白質分子增加，而使其對 Fe (III) 還原能力則增加而獲證實。吾人以為影響鐵質可溶化能力為蛋白質分子量大小、電荷狀態與胺基酸組成等三個主要因子。沼田等 (1993) 探討牛肝萃取物之不同分子量大小對鐵質還原力時發現分子量約在 10,000-3,000 時效果最佳，經酵素處理後因分子量變小，經水解後胺基酸上之電荷密度較高彼此間互斥形成懸溶狀態而得改善溶解度之功效，故在不同 pH 下之溶解度皆獲提高；惟蛋白質上之硫氫官能基 (-SH group) 雖可將三價鐵 (Fe(III)) 離子還原成二價鐵 (Fe(II)) 離子，但如此蛋白質過度水解成胺基酸時，此還原效應即不能發揮 (Campbell, 1999)。亦即，除非在

pH8.0 以上之環境下，否則含-SH 官能基之胺基酸還原三價鐵 (Fe(III)) 之能力與安定性均不如聚肽側鏈上之-SH 官能基 (Jocelyn, 1972)。由本實驗結果顯示，酵素水解雖有效改善肝粉於不同 pH 下之溶解度，但在提升三價鐵(Fe(III))之還原力上並無助益。

結 論

自市場購得之新鮮豬肝臟，經酵素處理與冷凍乾燥後，所得各樣品之一般成分分析、收率、於不同 pH 值下相對溶解度與對 Fe (III) 之還原能力所得結果如下。

1、一般成分之水分，以新鮮肝臟 (FL) 為最高，不溶性肝粉 (IPF) 最低；灰分，以乾燥後全肝粉 (DWFL) 含量最高，不溶性肝粉 (IPF) 次之；粗脂肪與粗蛋白質，皆以 DWFL 為最高，不溶性肝粉 (IPF) 次之。經酵素水解後各樣品中，水分、灰分、粗脂肪與粗蛋白質部皆以經酵素水解之全肝粉 (DDWFL) 為最高；經酵素水解後之水溶性 (DWPF) 與鹽溶性 (DSPF) 肝粉之粗蛋白質含量則略增。

2、肝臟各樣品收率，以 DWFL 與 DDWFL 含量最高，IPF 與 DIPF 則次之；經酵素水解後 DWPF 與 DSPF 之收率略增，DIPF 則略降。

3、在不同 pH 值下各樣品之相對溶解度，未經酵素處理者，以 WPF 相對溶解度最佳，IPF 最差；經酵素處理者，以 DWPF 相對溶解度最佳，DIPF 最差。經酵素處理後之各樣品肝粉相對溶解度與 WPF pH 3.0 下之溶解度比較時皆增加 40% 左右，其中以 DWPF 為最高。

4、對 Fe (III) 之還原能力方面，在未經酵素處理，以 WPF 最佳；經酵素處理後 DWPF 對 Fe (III) 之還原能力最高。

綜合上述結果可知，自豬肝臟製備高蛋白質之水溶性肝肽粉，經酵素水解後可提高其蛋白質含量，並增加其溶解度，當其添加量為總重量之 0.1% 以上時，便能有效地提高 Fe (III) 還原力，有利於鐵質之吸收。

參 考 文 獻

- 吳孟娟、涂瑞澤、吳淑姿。1998。豬肝蛋白水解之研究。大葉學報 7 (1) 143-152。
- 李秀、賴滋漢。1983。食品分析與檢驗，pp.163-165，精華出版社，台北。
- 林天送。1998。再談自由基-抗氧化的飲食法，pp.1-11，時報出版社，台北。
- 邱弘儀。1995。屠宰場副產物肝肺回收處理與功能性探討。碩士論文，大葉大學。
- 周繼發。1987。豬皮膠原蛋白及其化學與酵素修飾物機能性之研究。博士論文，國立台灣大學畜牧研究所。
- 涂瑞澤、邱弘儀、劉秀娟、吳孟娟。1995。豬肝肺臟蛋白質修飾及機能性質。大葉學報 4 (1) 161-170。
- 張仙平。1985。豬肝的營養價值。現代肉品 5：25-28。
- 陳明造。1999。畜產副產物之介紹。畜產副產物加工利用研討會專輯，pp.1-39。國立中興大學畜產系，台中市。
- 陳陸宏。1994。豬肝--營養的寶庫。現代肉品，22：18-19。
- 楊正護、林慶文。1998。原血紅素濃縮與微膠囊之品質及鐵之生物有效性，pp.479-488。畜產品加工學術暨畜產工業交流研討會論文集。
- 廖銘清。1995。台灣地區養豬頭數調查及其變動分析。台灣農業 31：91-97。
- 劉偉民、潘傳健。1995。口服多醣類螯合鐵劑臨床使用報告台

- 北榮民總醫院婦產部。
- 蕭寧馨、葉文婷、潘文涵。1999。國人鐵營養狀況與缺鐵盛行率。中華營養會誌 24：119-213。
- 蕭寧馨。2001。國人鐵營養狀況之研究。台大校友雙月刊 12：12-13。
- 戴東發。1989。十年來豬肉藥物殘留檢驗工作之探討。畜牧旬刊 pp.111-122。
- 大成清。1996。以豬隻副產物做為飼料之應用。畜産の研究。50 (7)：797-802。
- 沼田正寛、副田理美、近藤良房、中村豊郎。1993。Effects of bovine liver and its digestion products on the non-heme iron solubility in the intestinal pH. Anim. Sci. and Tech. 64(6):645-651.
- 沼田正寛。1992。Development and application of the liver peptide. 食品開發 27 (12)：39-42。
- A.O.A.C. 1980. Official methods of analysis of the association of the association of official analytical chemists, 13th edition, pp. 15, 125, 132, 153, 159, 279. Washington, D.C.
- Allen, L. H. 2000. Anemia and iron deficiency: effects on pregnancy outcome. Am. J. Clin. Nutr. 71: 1280s-1284s
- Anderson, B. M., R. S. Gibson and J. H. Sabry. 1981. The iron and zinc status of long-term vegetarian women. Am. J. Clin. Nutr. 34:1042-1048

- Baker, S. J. and E. M. DeMaeyer. 1979. Nutritional anemia: its understanding and control with special reference to the work of the World Health. *Am. J. Clin. Nutr.* 32: 368-417.
- Ball, M. J. and M. A. Bartlett. 1990. Dietary intake and iron status of Australian vegetarian women. *Am. J. Clin. Nutr.* 70:353-358.
- Beard, J.L. and B. Tobin. 2000. Iron status and exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:594s-597s.
- Beard, J. L. 2000. Effectiveness and strategies of iron supplementation during pregnancy. *Am. J. Clin. Nutr.* 71:1288s-1294s.
- Beard, J. L., M. J. Borel and J. Derr. 1990. Impaired thermoregulation and thyroid function in iron deficiency anemia. *Am. J. Clin. Nutr.* 52:13-19.
- Berner, L. A. and D. D. Miller. 1985. Effects of dietary proteins on iron bioavailability : a review. *Food Chem.* 18:47-69.
- Beveridge, T., S. J. Toma and S. Nakai. 1974. Determination of SH- and SS-groups in some food proteins using ellman's reagent. *J. Food Sci.* 39:49-51.
- Bothwell, T. H. 2000. Iron requirements in pregnancy and strategies to meet them. *Am. J. Clin. Nutr.* 72:257s-264s.
- Brigham, D. and J.L. Beard. 1996. Iron and thermoregulation: a review. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 36(8):747-763.
- Campbell, M. K. 1999. *Biochemistry*, 3rd edition, pp.95-96. Saunders

College Publishing, Philadelphia, San Diego, London and Tokyo.

Carpenter, C. E. and A. W. Mahoney. 1992. Contribution of heme and nonheme iron to human nutrition. *Food Sci. and Nutr.* 31(4):333-367.

Chen, C. C., A. M. Pearson, J. I. Gray, M. H. Fooladi and P. K. Ku. 1984. Some factors influencing the nonheme iron content of meat and its complications in oxidation. *J. Food Sci.* 49:581-584.

Clark, C. J., L. T. Cutler and G. M. O'Meara. 1987. Solubilisation of bovine rumen and decolorisation of bovine blood by enzymic hydrolysis with Alcalase. *Meat Sci.* 21:110-120.

Craig, J. W. 1994. Iron status of vegetarians. *Am. J. Clin. Nutr.* 59(suppl):1233-1227.

Dallman, P. R., R. Yip and L. Jonson. 1984. Prevalence and causes of anemia in the United States. *Am. J. Clin. Nutr.* 38:302-316.

Davis, C. D., E. A. Malecki and J. L. Greger. 1992. Interactions among dietary manganese, hemeiron, and nonheme iron in women. *Am. J. Clin. Nutr.* 56:926-932.

Davis, C. D., D. M. Ney and J. L. Greger. 1990. Manganese, iron and lipid interactions in rats. *J. Nutr.* 20:507-513.

Davidsson, L., T. walczyk, N. Zavaleta and R. F. Hurrell. 2001. Improving iron absorption from Peruvian school breakfast

meal by adding ascorbic acid or Na₂EDTA. *Am. J. Clin. Nutr.* 73:283-287.

Deehr, M. S., G. E. Dallal, K. T. Smith, J. D. Taulbee and B. D. Hughes. 1990. Effects of different calcium sources on iron absorption in postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 51:95-99.

Douglas, F. W., N. H. Rainey, N. P. Wong., L. F. Edmondson and D. E. La Corix. 1981. Color, flavor and bioavailability in iron fortified chocolate milk. *J. Dairy Sci.* 64:1785-1793.

Du, S., F. Zhai, Y. Wang and M. B. Popkin. 2000. Current methods for estimating dietary iron bioavailability do not work in China. *J. Nutr.* 130:193-198.

Fleming, D. J., P. F. Jacques, J. M. Massaro, R. B. D'Agostino, P. W. Wilson and R. J. Wood. 2001. Aspirin intake and the use of the serum ferritin as a measure of iron status. *Am. J. Clin. Nutr.* 74:219-226.

Garcia, M. N., C. T. Torres, I. Leets, E. Torpper, J. Ramirez and M. Layrisse. 1996. Heat treatment on heme iron and iron containing proteins in meat: iron absorption in humans from diets containing cooked meat fractions. *J. Nutr. Biochem.* 7:49-54.

Gleerup, A., L. R. Hulthen, E. Gramatkovski and L. Hallberg. 1995. Iron absorption from whole diet: comparison of the effect of

two different distributions of daily calcium intake. *Am. J. Clin. Nutr.* 61:97-104.

Gordon, D. T. and J. S. Godber. 1989. The enhancement of nonheme iron bioavailability by beef protein in the rat. *J. Nutr.* 119:446-452.

Hartman, R. H., G. Matrone and G. H. Wise. 1955. Effects of high dietary manganese on hemoglobin formation. *J. Nutr.* 57:429-439.

Hallberg, L., M. Brune and H. L. Rossander. 1986. Low bioavailability of carbonyl iron in man: studies on the iron fortification of wheat flour. *Am. J. Clin. Nutr.* 43:59-67.

Hallberg, L., M. Brune, M. Eralandsson, A. S. Sandberg and H. L. Rossander. 1991. Calcium: effects of different amounts on nonheme- and heme iron absorption in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 53:112-129.

Hallberg, L. and L. Hulten. 2000. Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. *Am. J. Clin. Nutr.* 71:1147-1160.

Hallberg, L., L. Hulten and E. Gramatkovski. 1997. Iron absorption from the whole diet in men: how effective is the regulation of iron absorption? *Am. J. Clin. Nutr.* 66:347-356.

Hallberg, L. and H. L. Rossander. 1991. Iron requirements in

menstruating women. *Am. J. Clin. Nutr.* 54:1047-1058.

Helman, A. D. and I. D. Hill. 1987. Vitamin and iron status in new vegetarians. *Am. J. Clin. Nutr.* 45:785-789.

Hurrell, F. R., D. E. Furniss, J. Burri, P. Whittaker, S. R. Lynch and J. D. Cook. 1989. Iron fortification of infant cereals: a proposal for the use of ferrous fumarate or ferrous succinate. *Am. J. Clin. Nutr.* 49:1274-1282.

Hurrell, F. R., R. Manju and Cook, J. D. 1999. Inhibition of non-heme iron absorption in man by polyphenolic-containing beverages. *Br. J. Nutr.* 289-295.

Hurrell, F. R., S. R. Lynch, T. P. Trinidad, S. A. Dassenko and J. D. Cook. 1989. Iron absorption in humans as influenced by bovine milk proteins. *Am. J. Clin. Nutr.* 49:546-552.

Hurrell, F. R., S. R. Lynch, T. P. Trinidad, S. A. Dassenko and J. D. Cook. 1988. Iron absorption in humans: bovine serum albumin compared with beef muscle and egg white. *Am. J. Clin. Nutr.* 47:102-107.

Jackson, L. S. and K. Lee. 1992. The effects of dairy products on iron availability. *Food Sci. and Nutr.* 31(4):259-270.

Jacobs, P. 1987. Equivalent bioavailability of iron from ferrous salts and ferric polymaltose complex. *Arzneim Forsch/Drug Res.* 37(1):113-116.

Jocelyn, P. C. 1972. *Biochemistry of the SH Group*, pp.82-83.

Academic Press, London, New York.

Johnson, M. A. 1990. Iron:nutrition monitoring and nutrition status assessment. *Am. Institute of Nutrition*.4:1486-1491.

Johnson, R. L. 1997. *Gastrointestinal physiology*. 5th ed.pp.143-144. Mosby-Year Book, Inc. New York.

Langstaff, R. J., W. G. Heil and J. M. Bowdler. 1993. Treatment of iron deficiency anaemia:a lower incidence of adverse effects with Ferrum Hausmann than ferrous sulphate. *Bri. J. Clin. Res.* 4:191-198.

Layrisse, M., C. T. Martinez, I. Leets, P. Taylor and J. Ramirez. 1984. Effect of histidine, cysteine, glutathione or beef on iron absorption in humans. *J. Nutr.* 114:217-223.

Lieu, P. T., M. Heiskala, P. A. Peterson and Y. Yang. The role of iron in health and disease. 2001. *Molecular aspects of medicine.* 22:1-87.

Lucarini, M., G. D. Lullo, M. Cappelloni and G. L. Boccia. 2000. In vitro estimation of iron and zinc dialysability from vegetables and composite dishes commonly consumed in Italy: effect of red wine. *Food Chem.* 70:39-44.

Martin, L. J., W. Su, P. J. Jones, G. A. Lockwood, D. L. Tritchler and N.F. Boyd. 1996. Comparison of energy intakes determined by food records and doubles labeled water in women participating in a dietary-intervention trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 483-490.

- Martinez, T. C. and M. Layrisse. Iron absorption from veal muscle. *Am. J. Clin. Nutr.* 24:531-540.
- Miller, D. D., B. R. Schriker, R. R. Rasmussen, B. S. and D. V. Campen. 1981. An in vitro method for estimation of iron availability from meals. *Am. J. Clin. Nutr.* 34:2248-2256.
- Monsen, E. R., L. Hallberg, M. Layrisse, D. M. Hegsted, J. D. Cook, W. Mertz and C. A. Finch. 1978. Estimation of available dietary iron. *Am. J. Clin. Nutr.* 31:134-141.
- Mosen, E. R. 1999. The ironies and iron. *Am. J. Clin. Nutr.* 69:831-832.
- Mulivill, B. and P. A. Morrissey. 1998. Influence of the sulphhydryl content of animal proteins on in vitro bioavailability of non-heme iron. *Food Chem.* 6(1/2):1-7.
- N, S., J. Chin and W. Pan. 1995. A vegetarian diet rich in soybean products compromises iron status in young students. *J. Nutr.* 125:212-219.
- Nemirovskiy, O. V. and M. L. Gross. 1996. Complexes of iron(II) with cysteine containing peptides in the gas phase. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 7:977-980.
- Nemirovskiy, O. V. and M. L. Gross. 1998. Gas phase studies of the interactions of Fe²⁺ with cysteine containing peptides. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 9:1285-1292.
- Nielsen, P., E. E. Gabbe, R. Fischer and H. C. Heinrich. 1994.

Bioavailability of iron from oral ferric polymaltose in humans. *Arzneim Forsch/Drug Res.* 44(1):743-748.

Pehrsson, P. R., P. B. Moser-Veillon, L. S. Sims, C. W. Sutor and E. Russek-Cohen. 2001. Postpartum iron status in nonlactating participants and nonparticipants in the special supplemental nutrition program for women, infants, and children. *Am. J. Clin. Nutr.* 73:86-92.

Perks, S. M. and D. D. Miller. 1996. Adding ascorbic acid to iron fortified cow's milk does not enhance iron bioavailability to piglets. *Nutr. Research.* 16(6):969-975.

Politz, M. L. and F. M. Clydesdale. 1988. Effects of enzymatic digestion, pH and molecular weight on the iron solubilizing properties of chicken muscle. *J. Food Sci.* 53:1081-1090.

Pond, W. G., D. C. Church and K. R. Pond. 1995. Basic animal nutrition and feeding. 4th ed. pp.194-199. New York.

Rao, N. and T. Prabhavathi. 1978. An in vitro method for predicting the bioavailability of iron from food. *Am. J. Clin. Nutr.* 31(1):169-175.

Reddy, B. M., F. R. Hurrell and J. D. Cook. 2000. Estimation of non-heme iron bioavailability from meal composition. *Am. J. Clin. Nutr.* 71:937-943.

Rose, D., J. Habicht and B. Devaney. 1998. Household participation

- in the food stamp and WIC programs increases the nutrient intakes of preschool children. *J. Nutr.* 128:548-555.
- Rosenberg, M., I. J. Kopelman and Y. Talmon. 1985. A scanning electron microscopy study of microencapsulation. *J. Food Sci.*50:139-144.
- Rosenzweig, H. P and S. L. Volpe.1999.Iron, thermoregulation and metabolic rate. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 39(2):131-148.
- Roughead, Z. K. and J. R. Hunt. 2000. Adaptation in iron absorption: iron supplementation reduces nonheme iron but not heme iron absorption from food. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: 982 -989.
- Samman, S., B. Sandstrom, M. B. Toft, K. Bukhave, M. Jensen. and S. S. Sorensen. 2001. Green tea or rosemary extract added to foods reduces nonheme iron absorption. *Am. J. Clin. Nutr.* 73:607-612.
- Sawaya, A. L., K. Tucker, R. Tsay, W. Willet, E. Saltzman, G. E. Dallal and S. B. Robert. 1996. Evaluation of four methods for determining energy intake in young and elder women: comparison with double labeled water measurements of total energy expenditure. *Am. J. Clin. Nutr.* 63: 491-499.
- Scholl, O. T., M. L. Hediger, R. L. Fischer and J. W. Shearer. 1992. Anemia vs. iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study. *Am. J. Clin. Nutr.* 55:985-988.
- Schricker, B. R. and D. D. Miller. 1983. Effects of cooking and

chemical treatment on heme and nonheme iron in meat. *J. Food Sci.* 48:1340-1349.

Sheard, N. F., Sc. D. and R. D. 1994. Iron deficiency and infant development. *J. Nutr.* 52(4):137-140.

Slatkavitz, C. A. and F. M. Clydesdale. 1988. Solubility of inorganic iron as affected by proteolytic digestion. *Am. J. Clin. Nutr.* 47:487-495.

Stephane, J.J. D. and R. F. Tester. 2001. In vitro binding of calcium, iron and zinc by nonstarch polysaccharides. *Food Chem.* 73:401-410.

Tapiero, H., L. Gate and K. D. Tew. 2001. Iron: deficiencies and requirements. *Bio. Pharm.* 55:324-332.

Tarasuk, V. S. and G. H. Beaton. 1999. Women's dietary intakes in the context of household food insecurity. *Am. J. Clin. Nutr.* 129:672-679.

Taylor, P. G., T. C. Martinez, I. Leets, J. Ramirez, M. N.

Garcia-casal and M. Layrisse. 1988. Relationships among iron absorption, percent saturation of plasma transferrin and serum ferritin concentration in humans. *J. Nutr.* 118:1110-1115.

Walker, A. R. P. and I. Segal. 1999. Iron overload in Sub-saharan Africa: to what extent is it a public health problem? *Bri. J. Nutr.* 81:427-434.

Wien, E. M. and D. R. Van Campen. 1991. Ferric iron absorption in

rats: relationship to iron status endogenous sulfhydryl and other redox components in the intestinal lumen. *J. Nutr.* 121:825-831.

Wood, R. J. and O. Han. 1998. Recently identified molecular aspects of intestinal iron absorption. *J. Nutr.* 128:1841-1844.

Worthington-Roberts, B. S., M. W. Breskin and E. R. Monsen. 1988. Iron status of premenopausal women in a university community and its relationship to habitual dietary sources of protein. *Am. J. Clin. Nutr.* 47:275-279.

Yip, R. and P. R. Dallman. 1988. The roles of inflammation and iron deficiency as causes of anemia. *Am. J. Clin. Nutr.* 48:1295-1300.

英文摘要

Reductive Ability of Porcine Liver and its Digestive Peptide Powder on Non-heme Iron.

Wen-Chuan Chu

Abstract

The purpose of this study was to manufacture high protein powder from porcine liver by enzyme digesting to increase its solubility in water and the reductive ability of ferric iron to improve the absorption of non-heme iron in human body.

The fresh porcine liver samples were bought from traditional market and stored at 4°C. The samples were divided into whole fresh liver(FL), water-soluble, salt-soluble and insoluble fractions followed with or without enzyme digestion, then those frozen dried powder were analyzed the general composition, the weight of percentage, the relative solubility in different pH-value and the reductive ability of ferric iron. In result, FL was the highest in moisture($P < 0.05$). Dry whole fresh liver(DWFL)

and digested dry whole fresh liver(DDWFL) were the highest in ash($P < 0.05$). DWFL was the highest in crude fat($P < 0.05$). Water-soluble fraction(WPF) and digested water-soluble fraction(DWPF) were the highest in crude protein($P < 0.05$). DWFL and DDWFL have the highest percentage of dry weight, but DWPF and digested salt-soluble fraction(DDSFL) were slightly increased and digested insoluble fraction(DIFL) decreased slightly.

When compared the relative solubility of each group with WPF or DWPF at pH3.0, all fractions were below 20% from pH4.0-5.0. The relative solubility of WPF, SPF, DWPF and DSPF were equal around 75% in pH6.0-10.0.

Each fraction of porcine liver powder treated with enzyme could raise the relative solubility about 40-50% than that without enzyme digested. The relative solubility of DWPF at pH4.0-5.0 were around 60% and other pH were over 120%.

The fraction without enzyme treatment, WPF had the highest ferric iron reductive ability on the concentration at 0.05%, and DWPF needed to reach 0.1%. The ferrous iron

reductive ability between WPF at 0.05% and DWPF at 0.1% were no significant difference ($P > 0.05$).

小 傳

作者朱文全，安徽婺源人，民國 65 年 3 月 23 日生。先後畢業於屏東縣立中正國小、明正國中及國立屏東中學，於民國 83 年考上東海大學畜產系就讀，於民國 87 年畢業，並於同年順利考取東海大學畜產研究所。追隨恩師 周繼發博士，研究畜產品化學及加工學，學習利用基礎理論，將之實際應用於畜產加工上，以提升畜牧價值，增加經濟效益。此外，亦接受實務且專業的儀器分析、電腦應用之訓練，對畜產領域有了更深層的認知。承蒙恩師悉心指導與栽培，於民國 93 年 6 月完成此碩士論文。