

國立勤益科技大學
研發科技與資訊管理研究所
生物科技製程研發與管理
產業研發碩士專班

碩士論文

運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值
最佳化製程之研究

研究生：廖文丕

指導教授：翁國亮 博士

黃士嘉 博士

林文燦 博士

學 號：497T4009

中 華 民 國 九 十 九 年 五 月

運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值最佳化製程
之研究

The Taguchi method to find the solution to the fermentation of Ganoderma
lucidum polysaccharides of soybean target process optimization study

研究生：廖文丕
指導教授：翁國亮 博士
林文燦 博士
黃士嘉 博士

國立勤益科技大學
研發科技與資訊管理研究所
生物科技製程研發與管理產業研發碩士專班
碩士論文

A Thesis

Submitted to

Institute of Innovation Technology and Information Management
National Chin-Yi University of Technology
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Engineering

May 2010

Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年五月

授權書

(碩士論文)

本授權書所授權之論文為本人在國立勤益科技大學研發科技與資訊管理研究所 98 學年度第二學期取得碩士學位之論文。

論文名稱：運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值最佳化製程之研究

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予行政院國家科學委員會科學技術資料中心、國家圖書館及本人畢業學校圖書館，得不限地域、時間與次數以微縮、光碟或數位化等各種方式重製後散布發行或上載網路。

本論文為本人向經濟部智慧財產局申請專利的附件之一，請將全文資料延後兩年後再公開。(請註明文號：)

同意 不同意

本人具有著作財產權之論文全文資料，授予教育部指定送繳之圖書館及本人畢業學校圖書館，為學術研究之目的以各種方法重製，或為上述目的再授權他人以各種方法重製，不限地域與時間，惟每人以一份為限。

上述授權內容均無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。上述同意與不同意之欄位若未鈎選，本人同意視同授權。

指導教授姓名：翁國亮博士、黃士嘉博士、林文燦博士

研究生簽名：

學號：497T4009

(親筆正楷)

(務必填寫)

日期：中華民國 九十九 年 五 月 日

國立勤益科技大學

研究所碩士班

論文指導教授推薦書

本校 研發科技與資訊管理 研究所 廖文丕 君
所提論文：運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值最佳化製
程之研究係由本人指導撰述，同意提付審查。

指導教授：翁國亮博士、黃士嘉博士、林文燦博士

中華民國 九十九 年 五 月 日

國立勤益科技大學
研究所碩士班
論文口試委員會審定書

本校 研發科技與資訊管理研究所

生物科技製程研發與管理產業研發碩士專班

廖文丕 君

所提論文 運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值最佳
化製程之研究

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：蔡靖雄 翁國亮
黃士嘉 林文輝

指導教授：翁國亮 黃士嘉
林文輝

所長：王清德

中華民國 99 年 5 月 22 日

運用田口法找出以靈芝大豆發酵液多醣體目標值最佳化製程之研究

學生：廖文丕

指導教授：翁國亮博士

黃士嘉博士

林文燦博士

國立勤益科技大學研發科技與資訊管理研究所

生物科技製程研發與管理產業研發碩士專班

中文摘要

本研究先開發靈芝大豆發酵液為基質之乳酸飲料以六標準差為改善靈芝大豆發酵為主，利用田口方法找出重要因子將其改善，本研究利用對製程參數影響性較大的參數（包含接種量、溶氧量、溫度）之參數範圍，將所得到的參數範圍結果提供給田口法當做控制因子水準的參考依據。並以田口法分析各控制參數對製程的貢獻度，並求得多醣體目標值最多之最佳的控制參數組合，其結果為接種量 6 %、溶氧量 90%、溫度 30°C。在相同固定因子下，製程改善前靈芝多醣體產出量為 2.59-4.56 g/kg，而改善後其產出量為 4.46-4.63 g/kg，所以依此製程可提升靈芝多醣體產出量及穩定其產出率。

首先以大豆為基質(1.5% soybean protein isolate, 1.5 Brix molasses)進行靈芝菌絲體發酵，發酵液多醣體產量為 8.05 ± 5.7 g/kg，並藉由靈芝的 β -glucosidase (44.4 ± 4.4 U/mL)，將大豆異黃酮轉化為游離活化型異黃酮(aglycones)，其可提升活化型 daidzein 及 genistein 分別達 16 倍及 5.5 倍；第二階段則分別添加乳酸菌 *Lactobacillus paracasei* (LP)或 *Bifidobacter longum* (BL)於靈芝大豆發酵液，進行乳酸發酵，其中靈芝胞外多醣體可以作為益生元(prebiotics)促進乳酸菌生長達 2 log CFU/mL，其抗氧化 DPPH 評估的 IC_{50} 數值則分別從靈芝大豆發酵液的 330.05

mg/mL，分別提升至添加 LP 菌之 200.52 mg/mL 及 BL 菌的 178.27 mg/mL，並有效藉由乳酸發酵達到改善發酵液風味及延長保存期限之目的。

關鍵詞：田口方法、六標準差、靈芝、多醣體、異黃酮、乳酸菌



The Taguchi method to find the solution to the fermentation of Ganoderma lucidum polysaccharides of soybean target process optimization study

Student : Wen-Pi Liao

Advisors : Dr.Kuo-Liang Weng

Dr.Shih-Chia Huang

Dr.Wen-Tsann Lin

Institute of Innovation Technology and Information Management

National Chin-Yi University of Technology

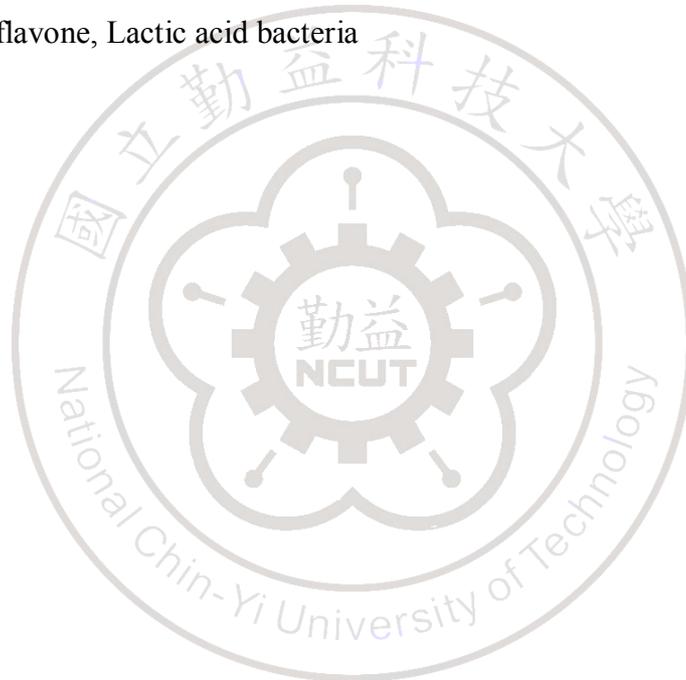
Abstract

This paper adopts the concept of sensitivity analysis to find the range of the parameters that carries a greater impact to the processing parameters (Contains the air admission, PH, the temperature) . The acquired result of the parameter range is referential to Taguchi's Method as the control factor level. Furthermore, Taguchi's Method and variances are employed to analyze the level of contribution of respective control parameters towards the processing, so as to ask for a better control parameter combination for the most prolificacy of the polysaccharide target value. Its result to let Vaccination quantity 6%, amount of dissolved oxygen 90%, temperatures 30°C . Under the same fixed factor, before making the regulation improvement, the ganoderma lucidum polysaccharide body to deliver the quantity is 2.59-4.56 g/kg, but after improving, it delivers the quantity is 4.46-4.63 g/kg, therefore promotes according to this system Cheng Ke to produce the ganoderma lucidum polysaccharide body to deliver the quantity and to stabilize its yield rate.

The first stage was by using soy-based (1.5% soybean protein isolate, 1.5 Brix molasses)medium for submerged culture of G. lucidium, by the β -glucosidasea of Ganoderma the biological inactive form soybean isoflavone will be transformation to more from the 16 to 5.5 double functional active aglycones, such as daidzein and

genistein. The second stage was put *Lactobacillus paracasei* (LP) or *Bifidobacter longum* (BL) in *Ganoderma lucidium* to in the fermentation process. Also the exo-polysaccharids of *Ganoderma* has been use as a prebiotics to promote the growth of lactic acid bacteria up to 2 log CFU/mL. And the anti-oxygen DPPH's IC₅₀ evaluation was from 330.05 mg/mL up to LP bacterium's 200.52 mg/mL and BL bacterium's 178.27 mg/mL. This lactic acid fermentation stage could improve the flavor and to expand shelf-life of this novel lactate drink.

Key words: Taguchi Method, Six Sigma ,*Ganoderma lucidium*, Polysaccharides
Isoflavone, Lactic acid bacteria



誌 謝

兩年的研究所生活隨著論文的完成而落幕，在這之間學習到許多新的知識及結識許多同學和師長。承蒙指導教授翁國亮博士於研究期間悉心教導及協助，並在論文撰寫期間詳細審閱斧正，使本論文得以順利完成，在此對恩師致上最由衷的謝意。感謝院長林文燦博士及所長黃俊明博士這兩年來對於課業指導及關心，在此特表謝忱。同時感謝共同指導教授黃士嘉老師與外審教授黃靖雄老師百忙之中，撥冗參與論文口試並提供許多寶貴的建議及指正，使內容更臻完備，在此致萬分謝忱。

在期間，感謝助教邱群賀、余思慧同學撥空指導電腦軟體實驗，並細心的教導，循序漸進的解釋實驗步驟、原理與方法。另感謝環球技術學院生物技術系曾雅秀博士主持計畫研究及分析、金芳泉生物科技有限公司研究經費贊助、國立台灣大學生化科技學系楊盛行博士寫作之指導。最後感謝我最愛的老婆細心呵護 2 名幼子及無怨無悔對家庭的付出，給予我精神上的鼓勵與支持，能從研究所順利畢業。

廖文丕 謹誌於

國立勤益科技大學

研發科技與資訊管理研究所

99年5月

目 錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	iii
誌 謝.....	v
目 錄.....	vi
表目錄.....	ix
圖目錄.....	x
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究動機.....	1
1.3 研究目的.....	2
1.4 研究方法與流程.....	3
第二章文獻探討.....	5
2.1 田口方法.....	5
2.1.1 田口方法介紹.....	5
2.1.2 品質特性種類.....	6
2.1.3 田口實驗流程.....	6
2.1.4 信號雜訊比(SN 比).....	8
2.2 六標準差.....	10
2.2.1 六標準差發展歷程與沿革.....	10
2.2.2 六標準差改善手法.....	10
2.3 單一產品多品質特性.....	12
2.4 靈芝.....	13
2.4.1 靈芝屬的分類.....	14
2.4.2 靈芝效用.....	15
2.5 多醣體.....	15
2.6 異黃酮.....	17
2.7 乳酸菌.....	17
2.7.1 乳酸菌之定義.....	17
2.7.2 乳酸菌之分類.....	19

第三章實驗與研究方法.....	20
3.1 實驗材料	22
3.1.1 實驗菌株.....	22
3.1.2 培養液配置.....	22
3.1.3 接菌量及接菌時間	22
3.2 實驗設備	22
3.3 分析方法	28
3.3.1 多醣乙醇沉澱.....	28
3.3.2 超氧歧化酶活性測定.....	28
3.3.3 異黃酮含量測定	28
3.3.4 總抗氧化活性分析	29
3.3.4.1 樣品萃取.....	29
3.3.4.2 測試 DPPH 活性.....	29
3.3.5 β -葡萄糖苷酶活性測定	29
3.5 發酵條件之探討.....	30
3.6 田口方法	32
3.6.1 界定問題(Define).....	32
3.6.2 製程能力分析	32
3.6.3 資料分析(Analyze).....	33
3.6.4 流程分析.....	34
3.6.5 田口方法的應用	36
3.6.6 因子分析.....	37
3.6.7 實驗改善(Improve)	38
3.6.8 決定實驗方法與因子配置.....	39
3.6.9 實驗數據分析	40
3.6.10 控制(control)	41
3.7 多品質製程能力分析	41
3.7.1 確認品質水準	41
3.7.2 最小製程能力指標	43
3.7.3 測數據的輸入	44
3.7.4 落點判讀.....	44
第四章 實證研究	45

4.1 現況數據	46
4.2 因子分析	47
4.2.1 實驗因子與水準的選取.....	49
4.2.2 決定實驗方法與因子配置.....	49
4.2.3 實驗數據分析	50
4.2.4 變異數分析	52
4.2.5 最適條件的推定	53
4.2.6 確認實驗.....	54
4.2.7 製程能力計算	55
4.2.8 流程控制(Control)	56
4.3 多品質特性製程能力分析(MPCA)	57
4.3.1 小結.....	60
第五章、結論與建議.....	61
5.1 結論	61
5.2 建議	63
參考文獻.....	64
附錄一：作者簡歷.....	附錄 1-1

表目錄

表 1	田口方法與傳統實驗計劃法之比較.....	5
表 2	六標準差推動步驟.....	11
表 3	乳酸菌表的分類.....	19
表 4	接種量對多醣體產量之影響.....	31
表 5	溶氧量對多醣體產量之影響.....	31
表 6	發酵溫度對多醣體產量之影響.....	31
表 7	製程能力指標表.....	33
表 8	SIPOC 分析.....	34
表 9	影響因素分析表.....	38
表 10	L9(3 ³)直交表.....	40
表 11	品質特性個數與最小製程能力對照表.....	43
表 12	現況數據.....	46
表 13	影響因素分析表.....	48
表 14	可控因素分析表.....	48
表 15	控制因子與水準.....	49
表 16	L9(3 ³)直交表.....	50
表 17	L9(33)直交表實驗回應值與 SN 比.....	51
表 18	SN 比變異數分析表(*表具有顯著影響因子).....	53
表 19	實驗回應值及 SN 比.....	54
表 20	實證數據.....	55
表 21	品質特性表.....	57
表 22	標準差與 Cpk 製程水準對照表.....	58
表 23	異黃酮數據表.....	59
表 24	SOD 數據表.....	59

圖目錄

圖 1	研究流程圖.....	4
圖 2	田口實驗流程圖.....	8
圖 3	DMAIC 研究流程.....	20
圖 4	無菌操作台.....	23
圖 5	高壓滅菌釜.....	23
圖 6	觸控式全自動滅菌醱酵槽.....	24
圖 7	低溫迴旋震盪培養箱.....	24
圖 8	MERCK HY-LiTE2 冷光儀.....	25
圖 9	微電腦酸鹼度計.....	25
圖 10	微量天秤.....	26
圖 11	高速冷凍離心機.....	26
圖 12	熱風烘箱.....	27
圖 13	光測離子化測定器.....	27
圖 14	紫外光(UV)分光光度計.....	28
圖 15	實驗架構.....	30
圖 16	多醣體產出量魚骨圖.....	36
圖 18	現況製程能力計算結果圖.....	47

第一章 緒論

1.1 研究背景

人工栽培靈芝往往要半年以上才能採收子實體，在時間及金錢上耗費不少，靈芝液態培養可於短時間、有限空間下可生產大量而靈芝菌絲體及靈芝多醣，其功效可誘導人體免疫機能提升，促進人體健康，除有其商業經濟發展潛力外，亦能使政府減輕健保負擔。雖然液體培養可以縮短時間、節省金錢，但是為了降低成本、增加產能，研發人員必須克服許多難題，例如：提高靈芝菌絲體生產量、調整有生理活性代謝產物產量、選用適當醱方式以減少實驗室與工廠放大培養差異、運用經濟且不影響代謝產物生理活性的萃取分離方法、證明液體培養產物與天然物之間生理活性並無差異等。要克服這些問題，必須探討各種培養條件，如氮源、碳源、無機鹽類、其他添加物種類及用量、培養溫度、時間、空氣流量、槽壓、溶氧量、pH 等。如何在有限時間、人力、物力下將上述問題解決，實驗方法的選擇很重要，田口方法(Taguchi method) 曾廣泛地被運用。

靈芝 (*Ganoderma lucidium*) 又名赤芝，分類上屬於擔子菌亞門(Basidiomycotina)，多孔菌科(Polyporaceae)，靈芝屬(*Ganoderma*)，在亞洲國家為被廣泛採用之中藥，也是台灣最常見的人工栽培的品種。靈芝之保健功效來自其多醣體(polysaccharide)及三萜類(triterpenoids)，相關研究指出三萜類具有肝臟保護、抗高血壓、降低血清膽固醇、抗組織胺效益、抗腫瘤等活性；而多醣體可藉由免疫調節及抑制血管新生而達到抗腫瘤之效果，可保護細胞降低自由基(free radicals)及突變劑所造成之傷害(Boh et al., 2007)。

1.2 研究動機

人工栽培靈芝子實體因為生產過程不易標準化，有效目標成分不易控制及面臨不當施用農藥與重金屬累積等安全問題，因此液體栽培之靈芝菌絲體成為目前

提供保健食品市場主要原料之型式。靈芝菌絲體液體栽培之保健機能性訴求成分以多醣體為主要，且追求其產出最高，但其無特殊風味，故多以冷凍乾燥膠囊或調味發酵飲料(靈芝酒或靈芝醋)供應市場。

大豆異黃酮是黃豆中最主要的類黃酮素，其結構形式為葡萄糖苷(glycosides)，主要成分為大豆苷(daidzin)和染料木苷(genistin)，因不容易被人體吸收利用所以在市場上都藉由酸鹼將其轉化為游離活化型之異黃酮的木質素異黃酮(daidzein)及金雀異黃酮素(genistein)，此作法為化學式之分解較不符合保健食品之述求。綜合上列所述，可歸納下列幾點：

1. 在業界中靈芝菌絲體液體栽培，並無一套標準作業程序，以利多醣體產出最多。
2. 靈芝菌絲體栽培之保健機能性訴求成分只以多醣體為主要，且無特殊風味。

1.3 研究目的

利用對製程參數影響性較大的參數之參數範圍，且將所得到的參數範圍結果提供給田口法當做控制因子水準的參考依據。並以田口法分析各控制參數對製程的貢獻度，並求得多醣體目標值最多之較佳的控制參數組合。並以靈芝大豆發酵液為基質，藉由靈芝(*Ganoderma lucidum* BCRC 36123)所產生 β -葡萄糖苷酶(β -glucosidase)，將大豆異黃酮轉化為游離活化型木質素異黃酮(daidzein)及金雀異黃酮素(genistein)以利人體吸收。再利用乳酸菌(*Lactobacillus paracasei* 或 *Bifidobacter longum*)進行第二階段乳酸發酵，乳酸益生菌發酵提升保健機能性外，且可顯著改善發酵液風味及乳酸防腐優點，其無須經熱殺菌加工過程，更能延長保存架售及保有高度酵素活性，並提升其抗氧化 DPPH 評估的 IC_{50} 數值。綜合上列所述，可歸納下列幾點：

1. 找出並確認影響製程能力的重要因素，並結合實驗設計與統計分析方法改善影響因子，提升多醣體之產量。
2. 研究藉由個案導入田口實驗法，文獻探討及專家訪談找出影響製程能力的

重要因素，並結合實驗設計與統計分析方法改善影響因子，對提升靈芝多醣體產出是否有顯著提升，最後透過修訂 SOP 標準作業程序與持續追蹤。

1.4 研究方法與流程

本研究先開發靈芝大豆發酵液為基質之乳酸飲料以六標準差為改善靈芝大豆發酵為主並其利用田口方法找出重要因子將其改善，找出影響多醣體產出率的重要因素，經由文獻探討以及專家訪談，將影響製程因子分析包括：接種量、溶氧量、溫度，最後利用田口進行改善製程條件，達到產出率提升。

本研究之研究流程如圖1，研究步驟分述如下：

1. 決定研究領域：決定論文之研究方向，並確立研究目的與題目，針對合適的研究範圍進行探討。
2. 文獻探討：針對研究領域，對靈芝、六標準差、多醣體、異黃酮、乳酸菌及田口方法之相關理論及其相關研究，並加以歸納整理。
3. 研究方法：針對靈芝大豆發酵液為基質之乳酸飲料，做其主要成份實驗分析，並結合田口實驗設計，在定義接種量、溶氧量、溫度之製程條件下，做多醣體產出量分析。
4. 進行實驗及分析：依據實驗之規劃進行實驗及確認實驗，並對實驗之結果進行資料之分析。
5. 撰寫研究報告：根據分析結果，進行現象之解讀，並給合歸納以作具體結論與建議，作為實務上之應用參考。

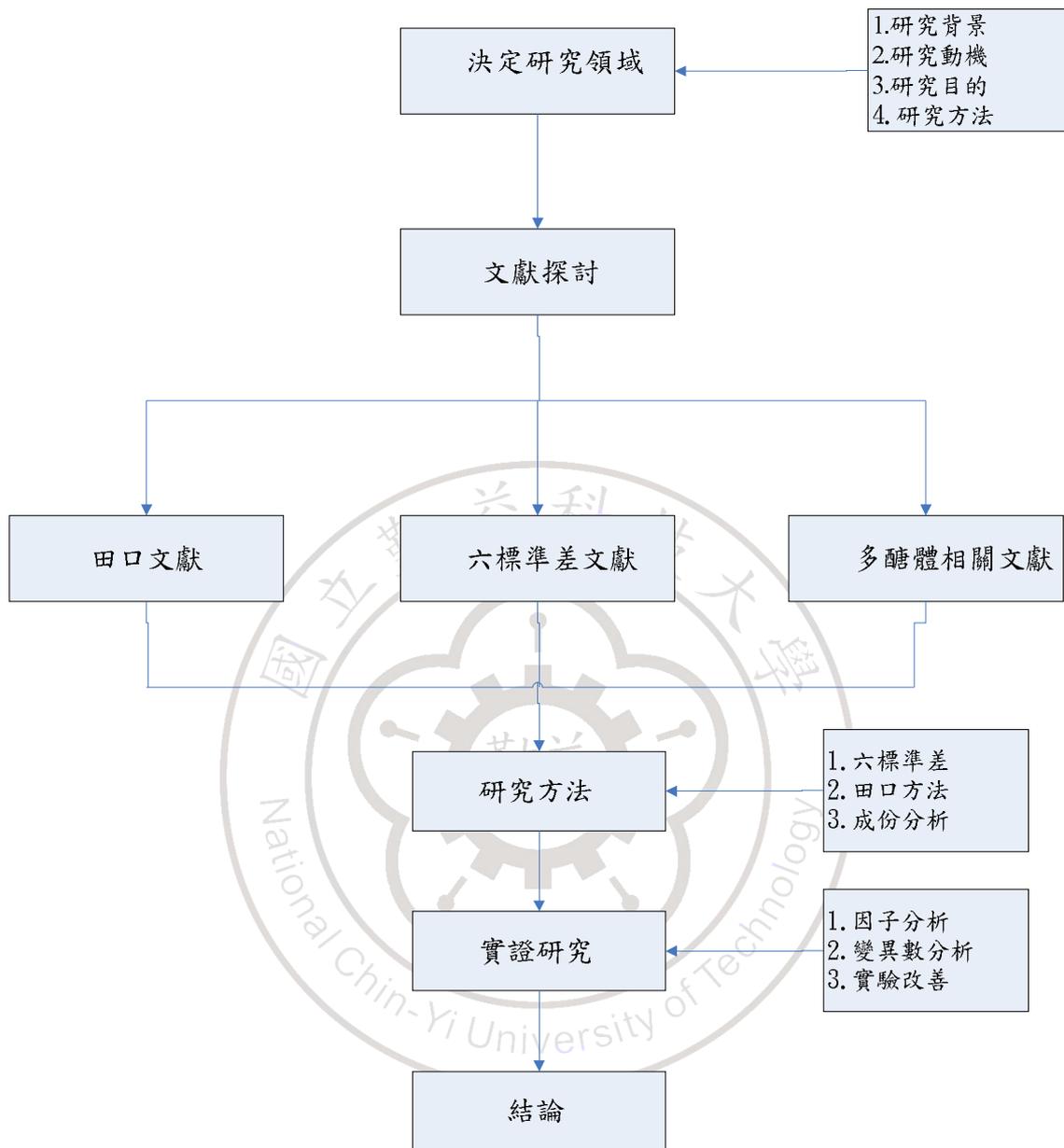


圖 1 研究流程圖

第二章 文獻探討

2.1 田口方法

2.1.1 田口方法介紹

田口法 (Taguchi Method) 是一種用來改善品質的工程方法，是由田口玄一博士 (Dr. Shin Taguchi) 所提出的一套品管方法，為了與其他品管方法有所區別，才將田口的品質工程通稱為田口法，它是一套以統計為主 (特別是實驗設計) 運用到品質改善程序的方法及哲學觀念。

表 1 田口方法與傳統實驗計劃法之比較

	田口法	傳統實驗計劃法
目的	改進獲取較佳的效率及品質工程	改進獲取較佳的效率
態度	消除各種原因所產生的衝擊	找出原因
內容	找出最佳參數水準組合	確立模式
品質改進的方向	參數設計	公差設計
對交互作用所採取的態度	控制參數和噪音要素之間的交互作用。僅以因素表現實驗計劃。	消極
方法	依成本與效益方法發展而成	完全依循統計學假設變異性相同
目的	改進獲取較佳的效率及品質工程	改進獲取較佳的效率

資料來源：潘志學(2003)

近年來，逐漸被引入在食品加工上應用，應用田口方法主要的目的在於找出影響產品品質的顯著因子，以最少的實驗次數來達到最高的產品品質。在食品新

產品開發及改善實驗中，經常必須考量到現場使用的時效性，在諸多的影響因子與多重目標特性，若要將所有的因素都考慮進去，將會使整個實驗變得相當浩大，耗時費力，不經濟，對田口品質工程管理原則而言，沒有效率就是損失，減少品質的損失，代表越高的品質。其整體性分析包括生產成本及產品貯存變化探討，除了改善製程及降低成本，亦能增加產品品質，以提升消費者整體接受程度，增加產品的競爭能力。潘志學(2003) 其田口方法與傳統實驗計劃法之比較，如表 1。

2.1.2 品質特性種類

品質特性大致上可以分為三類如下：

1. 計量特性 (Measurable Characteristics) 係指能以連續尺度量測者並可分為三類如：
 - (1) 望目特性 (Nominal the Best, NB) 具有一定正負目標值的特性，如尺寸、重量，精度等。
 - (2) 望小特性 (Smaller the Better, SB) 非負而其值愈小愈佳的特性，其目標值為零，如磨損、劣化等。
 - (3) 望大特性 (Larger the Better, LB) 非負而其值愈大愈佳的特性，其目標值為無限大，如強度、壽命等。
2. 計數特性 (Attribute Characteristics) 係指不能以連續尺度量測者，如外觀，優良可，等級等間斷數據。
3. 動態特性 (Dynamic Characteristics) 係指其輸出 (產出) 會因輸入信號值的不同而改變的特性，如汽車排檔，車削加工時的車刀輸送的深淺等。

2.1.3 田口實驗流程

田口方法之流程可分為以下幾個步驟來進行。

1. 確認品質特性首先利用產品機能從事開發設計，並找出品質計量特性來進行最佳的製程設計，品質計量特性系產品可以某些物理量 (如：進氣、溫度、PH) 來衡量的特性，一般可分為望大、望小及望目等特性。

2. 確定控制和雜訊因子。
3. 決定因子的水準數。
4. 選擇適當的直交表。
5. 設計直交表因子。
6. 進行研究實驗並取得數據。
7. 分析實驗結果，繪製變異數分析表與回應圖表，並找出最佳組合參數。
8. 進行確認實驗。
9. 若確認實驗值大於預測最佳水準信雜比，則實驗停止，亦即已求得最佳水準因子組合，否則要重新定義實驗的因子水準。



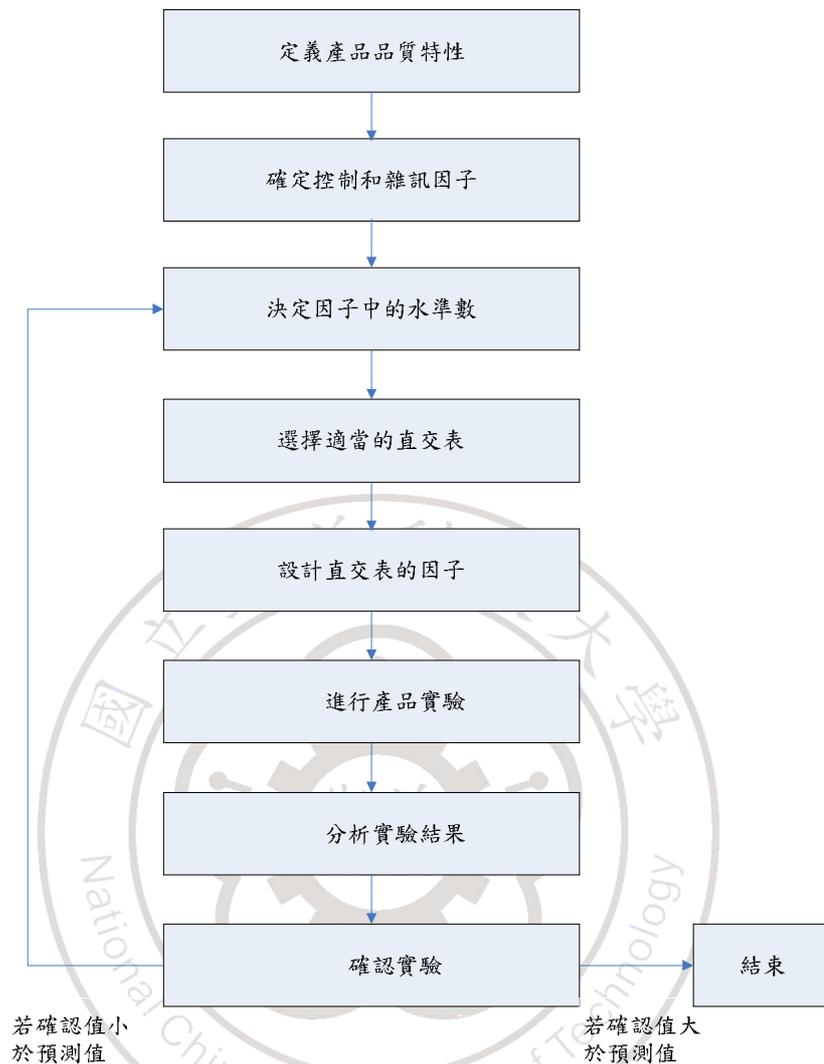


圖 2 田口實驗流程圖

2.1.4 信號雜訊比(SN 比)

為損失函數裡所衍生出的觀念。是工程上系統將輸入的能量轉化成輸出能量的效率指標。實務上針對不同類型的品質特性，SN 比的形式也有多種變化。對基本常用的計量值品質特性而言，可歸類成：（一）靜態特性、（二）動態特性。靜態特性有望小特性、望目特性、望大特性等。望小特性：品質特性 Y 是非負的連續隨機變數，其值可以從 $0 \rightarrow \infty$ ，但最好的值是 0 ，這種特性一般不存在調整因子，因此只要極小化品質損失 Q 即可。

品質特性 Y 是非負的連續隨機變數，其值可以從 $0 \rightarrow \infty$ ，我們希望它越大越

好。這種特性也是不存在調整因子，這種特性也可以轉換成望小特性，只要把特

性質 Y 改成 $\frac{1}{Y}$ 即可，我們希望能使品質損失函數 Q 極小化。

品質特性 Y 是從 $0 \rightarrow \infty$ 的連續隨機變數，目標值 m 通常設為非負且為有現值。此種特性的特色是當品質特性之平均值為 0 時，其變異數也變成 0 。這種特性的問題通常都存在調整因子或稱比例因子。此種因子可以將平均數調到目標值上。一般有上、下規格的產品都可視為望目特性。有時候調整因子只要憑工程經驗就可找到；但有時就需要執行實驗才能發掘出來。一般需要兩階段進行。

- a. 極大化 SN 比以降低產品對雜音的敏感性（先不理會平均數）。
- b. 調整平均到目標值 m 上（但要保證不影響 SN 比）。執行兩階法的先決條件是要確實存在調整因子，且平均數與變異數相互獨立。

田口式品質工程進一步定義出度量產品品質好壞的 SN 比，SN 比是一種衡量績效的函數指標。其為每單位所對應單位大小的變異(誤差)的大小之倒數。S/N 比越大，表示品質損失越小。SN 比的品質特性可分為：望小特性、望大特性、望目特性和次序性等級資料 (Ordered Categorical Data)，其中望小、望大和望目的品質特性 y 都是非負值的連續隨機變數，其公式分述如下：

望小特性

$$SN = -10 \log(MSD) = -10 \log\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right] \quad (1)$$

望大特性

$$SN = -10 \log\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right] \quad (2)$$

望目特性

$$SN = 10 \log \frac{\frac{1}{n}(S_m - V_e)}{V_e} \quad (3)$$

2.2 六標準差

2.2.1 六標準差發展歷程與沿革

1980 年代初，美國 Motorola 公司面臨日本企業所生產之高品質產品的挑戰，開始重視自家產品品質水準的低落的情形。當時 Motorola 總裁 Robert W. Galvin 甚至提出「Our Quality Stinks」的嚴格批評。有鑑於日本高品質產品帶來威脅，Mike J. Harry 博士於 1984 年發展出 MAIC (Measure, Analyze, Improve, Control) 的問題解決指引 (Roadmap)。1987 年 Motorola 公司總裁 Robert W. Galvin 正式宣布啟動「Six Sigma Quality Program」，訂下二年達成 10 倍改善、四年達成 100 倍改善的目標，並預計以五年的時間達成 6σ 的品質目標。1995 年 GE CEO Jack Welch 大力推行後造成風潮。至目前為止，各行業仍常利用六標準差做為品質改善與增加企業獲利的專案管理手法。

2.2.2 六標準差改善手法

六標準差早期對於管理架構的定義，大多以 MAIC 以及 DMAIC 做為六標準差之行動步驟。Harry and Schroeder (2000) 將六標準差推動步驟改良為突破策略步驟 (Breakthrough Strategy Phase) 分為：1. 認知 (Recognize)；2. 界定 (Define)；3. 評量 (Measure)；4. 分析 (Analyze)；5. 改善 (Improve)；6. 管制 (Control)；7. 標準化 (Standardize)；8. 整合 (Integrate)，如表 2 所示。

表 2 六標準差推動步驟

	階段	步驟	目標
突破策略	確認 (Identification)	1. 認知(Recognize) 2. 定義(Define)	確認關鍵企業課題
	特性化 (Characterization)	3. 量測(Measure) 4. 分析(Analyze)	瞭解目前績效水準
	最佳化 (Optimizaation)	5. 改善(Improve) 6. 控制(Control)	達成突破改善
	整合化 (Institutionalization)	7. 標準化(Standardize) 8. 整合(Integrate)	轉移至日常生活

資料來源：Harry and Schroeder (2000)

Pande et al. (2000) 為了強調有效提升顧客滿意度，因此定義了執行六標準差之五階段步驟：

1. 定義 (Define)：

公司的最高管理人員能夠根據顧客回饋的結果，定義和公司任務的關鍵目標。公司裡最高管理者應根據調查結果和公司使命，定義關鍵流程的目標。然而，了解品質改善活動的意義及重要性和定義清晰實行指標及問題相關範圍，這些工作是每一個企劃領導者的責任。團隊成員及相關職責是必須清楚明確的文件化，文件化是這步驟主要流程分析工具。

2. 量測 (Measure)：

在蒐集資料後使用正確的量測方法，詳細的數據資料是六標準差發展的基礎。企劃團隊也許對現今的品管水準的研究有興趣，了解流程是否在控制中，依不同顧客需求設立客觀的目標。在這個階段中，基礎品質分析工具如柏拉圖、管制圖、直方圖等分析圖表皆可能被使用，強烈建議評量製程能力（如：Cpk, Ppk）及建立量測系統分析。

3. 分析 (Analyze) :

了解問題的真正核心。可以使用的工具包括因果圖和失誤模式與效應分析 (Failure Mode and Effects Analyses, FMEA)。為了了解問題的真正原因，團隊成員可能會使用因果圖或 FMEA 去研究使顧客滿意的方法或發現使顧客不快樂的原因。這個階段的焦點主要在於分析基礎資料和資訊的事實性。有時候，基礎統計和個人本身的專業知識，在這個流程是很有幫助的。

4. 改善 (Improve) :

可以使用實驗設計和田口品質方法。一旦發現缺陷，就必須進行矯正的動作。但是品質改善程序的焦點是透過變異來確認及增加顧客滿意度，來預防問題的再次發生。改善程序，可用的方法有實驗設計 (DOE)、田口品質工程或反應曲面法，這些都是常用的方法，尤其是在結構複雜的環境裡。

5. 控制 (Control) :

改善後，確定製程已控制。可使用管制圖。一旦改善活動是不盡相同且有效的新的程序都應被文件化及監控的，為了確認這些流程是控制中，如管制圖及檢核表通常是發展工具盡可能的，改善程序應被標準化且應與其他現今品質管理系統統合整理。田口驗證法通常是對實行者有很大幫助的。

2.3 單一產品多品質特性

製程能力指標是用一個指標的數值來評估製程的績效是否達到顧客的要求，大部份有關製程能力分析的文章均著重於單一品質特性的研究。例如 Kane(1986)，Chan et al. (1988)，Choi & Owen (1990)，Boyles (1991)，Pearn et al.(1992)，Kotz & Johnson (1993)，Boyles (1994)，Spiring (1997) 等等，但是這些研究均著重於探討單一品質特性 (Quality Characteristics) 的製程能力分析。也有部

份在探討多變量製程能力分析的文章，例如 Taam, et al. (1993)，Chen (1994)，Boyles (1996) 等。然而多變量製程能力指標是在評估多個製程品質特性均同時為單邊規格或同時為雙邊規格的情況。Bothe (1992) 指出，對大部份的產品而言通常具有多個品質特性，其中可能同時包括數個單邊規格與數個雙邊規格的品質特性，對每一個品質特性都必須要達到應有的製程能力顧客才會接受此產品。因此，他提出在各製程間互為獨立的常態製程下，以各製程的製程良率相乘積作為產品的整體良率，來分析評估產品的整體品質，並求出此時產品整體良率之製程能力指標 Cpk 值。並在 1999 年以同樣觀念，探討多注頭製程(Multiple Process Streams)，求出其產品製程能力指標估計值 “Average Cpk”。事實上，一件產品的品質特性可能包括數個雙邊規格與數個單邊規格的品質特性。因此，有必要發展一套評估程序與方法，以提共整個產品之能力分析。

2.4 靈芝

靈芝屬廣佈於世界各地，在熱帶、亞熱帶、溫帶均可發現，有文獻記載的地區有亞洲、歐洲、非洲、北美洲、南美洲、大洋洲等。靈芝與其它多孔菌最大的不同在於其擔孢子(basidiospore)有雙層壁，外壁透明內壁黃褐色，且多具有疣狀小刺，大量的靈芝孢子呈明顯黃褐色粉末，並常附著在子實體表面，在實驗室做純培養時，菌落中有呈橢圓形之角質化孢子。靈芝會分泌細胞壁分解酵素 endo-poly galacturonase (endo-PG)和 endo-pectin methyltranseliminase，以軟化植物細胞及進一步利用植物木質素 (lignin) 和纖維素 (cellulose)，木質素為黃褐色，故木質素被分解後，木材將退色或變成白色，形成被靈芝寄生植物有白色腐朽之現象發生。

靈芝可寄生在多種植物上，主要以闊葉樹腐木為主，如槭樹屬(Acer)、赤楊屬(Alinus)、栗屬(Castanea)、山毛櫸屬(Fagus)、白蠟樹屬(Fraxinus)、洋槐屬(Robinia)、棟樹屬(Quercus)、柳屬(Salix)、茶屬(Tea)、榆屬(Ulmus)等樹林，少數靈芝如 G. philippii 只生長在橡膠屬(Hevea)、G. tropicum 生長在相思樹及合歡樹上。由於寄

生廣泛，曾有靈芝造成林木病害的記載，如 Adaskaveg 和 Gilbertson(1986、1987) 曾記錄 *G. lucidum* 及 *G. tsugae* 為害北美州的櫟(Oak)、楓(Maple)、白蠟樹(Ash)，南美及墨西哥葡萄樹、橄欖樹的情形。在台灣則有靈芝為害相思樹、木麻黃、鳳凰木及埔里山區澳洲胡桃之情形。

2.4.1 靈芝屬的分類

真菌門(Eumycota)

擔子菌亞門(Basidiomycotina)

菌蕈綱(Hymenomycetes)

單室擔子菌亞綱(Holobasidio-mycetidae)

非褶菌目(Aphylliphorales)

多孔菌科(Polyporaceae)

靈芝菌科(Ganodermataceae)

靈芝屬(*Ganoderma*)

目前全世界約有 150 ~ 200 種靈芝被鑑定發表，大陸共有 53 種靈芝，台灣 17 種，台灣地區較常見的六種分別為：

Ganoderma australe，*Ganoderma tropicum*，*Ganoderma lucidum* 與 *Ganoderma formosana*，其中 *Ganoderma formosana* 為台灣特有種，出產率不高，人工栽培的靈芝以 *G. lucidum*(赤芝)及 *G. tsugae*(松杉靈芝)最多。

明朝李時珍 (1933)所著「本草綱目」描述靈芝：「可久食輕身不老，延年神仙」，並依外形、顏色、大小等區分為六芝：白芝(玉芝)、黑芝(玄芝)、赤芝(丹芝)、青芝(龍芝)、黃芝(金芝)、紫芝(木芝)(張明堯，2001)。

2.4.2 靈芝效用

靈芝(*Ganoderma lucidium*)又名赤芝，分類上屬於擔子菌亞(Basidiomycotina)，多孔菌科(Polyporaceae)，靈芝屬(*Ganoderma*)，在亞洲國家為被廣泛採用之中藥，也是台灣最常見的人工栽培的品種。靈芝之保健功效來自其多醣體(polysaccharide)及三萜類(triterpenoids)，相關研究指出三萜類具有肝臟保護、抗高血壓、降低血清膽固醇、抗組織胺效益、抗腫瘤等活性；而多醣體可藉由免疫調節調節及抑制血管新生而達到抗腫瘤之效果，且其可保護細胞降低自由基(free radicals)及突變劑所造成之傷害(Boh et al., 2007)。

靈芝之保健功效來自其多醣體(polysaccharide)及三萜類(triterpenoids)，相關研究指出三萜類具有肝臟保護、抗高血壓、降低血清膽固醇、抗組織胺效益、抗腫瘤等活性；而多醣體可藉由免疫調節及抑制血管新生而達到抗腫瘤效果，且其可保護細胞降低自由基(free radicals)及突變劑所造成之傷害(Boh et al., 2007)。

2.5 多醣體

自然界中多醣體分佈很廣泛，如各類澱粉、纖維素、木質素等均含有大量多醣。靈芝多醣可以熱水萃取子實體而得，所得水溶性多醣約在 0.5%至 1.5%之間，不同菌種間差異不大，此外，亦可由靈芝培養液中分離得靈芝菌體胞外多醣，多醣中含葡萄糖、阿拉伯糖、木糖、半乳糖、鼠李糖、甘露糖等單糖，大多以 $\beta(1\rightarrow3)$ ， $\beta(1\rightarrow4)$ ，及 $\beta(1\rightarrow6)$ 鍵結，少數以 α 鍵結(Liang et al., 1995)，此與澱粉主要以 $\alpha(1\rightarrow4)$ 鍵結的結構不同。靈芝多醣的立體結構呈三股螺旋狀，並以氫鍵保持螺旋穩定，可溶於熱水中，不溶於高濃度乙醇中，故可利用 95%乙醇使靈芝多醣沉澱。靈芝多醣分子量可由數千至數十萬(水野和川合，1997)。

靈芝多醣體可分為水溶性及非水溶性兩部分，前者約佔0.5%至1.5%之間，結構呈三股螺旋狀，以 β -1,3-D-glucan為主鏈， β -1,6-D-glucan為分枝，並可分泌至細胞外為胞外多醣(exo-polysaccharide, EPS)，而非水溶性多醣體為靈芝細胞壁之主成分，包括S-glucan, R-glucan及chitin等成分(Liang et al., 1995)。靈芝多醣活性與其 β (1 \rightarrow 3)及 β (1 \rightarrow 6)鍵結比例有關，且多醣分子量之大小、分支形狀、空間結構，及與其結合之蛋白質或脂質均會影響其生理活性(水野和川合, 1997)；由於大分子之靈芝多醣不容易為人體所吸收，國內有學者曾試圖以醋酸(7 M)高溫(95 $^{\circ}$ C)水解之方式細小化舞菇多醣之分子，結果使約53.3%之分子量1,414 KDa之多醣分子水解至11 KDa (李青樺, 2004)。目前工業上用來降解beta-1.3/1,6-glucan分子量主要以白腐真菌之Phanerochaete chrysosporium處理(Kawai et al., 2006)。目前研究指出靈芝多醣對急性骨髓性白血病、大腸癌、膀胱癌、前列腺癌、肺癌、乳癌等癌症均有抑制效果；且其水溶性多醣可刺激脾細胞增殖及細胞素(cytokine)表現而調節免疫系統(KC Cheng et al., 2007)。

靈芝多醣體的取得多來自子實體栽種，此法栽種期長且產品不易標準化，有效目標成分不易控制等缺點；因此許多相關研究探討如何利用液態深層培養以獲得較佳之菌絲體與活性多醣體產量；學者曾以添加 1.5%及 2%酒精，有效促進靈芝菌絲體及多醣體產量(Yang et al., 2004)；國內學者曾以黑豆及黃耆為基質，明顯提升靈芝水溶性多醣體之含量達 322 mg/dL，且明顯影響多醣分子量分布及分支度(許俐菱, 2004)；另有學者研究當在 25~30 $^{\circ}$ C，pH 值 4.0~6.0 時，培養基中的碳氮比分別在 18:1 及 25:1 時會有最高之胞內與胞外多醣體產量(Baabitskaia VG et al., 2005)；靈芝在身曾發酵時培養的 pH 值為影響多醣體產量之主要因素，當 pH 6.0 時菌絲體生長狀況鬆散，胞外多醣體產量較高(4.7 g/L)，pH 3.0，菌絲球生長緊密會有最大之菌絲體乾重(12.5 g/L)(Kim et al., 2006)。

人類細胞老化的速度和自由基攻擊細胞後產生的代謝物有明顯的相關性，為了對抗自由基對細胞所造成的傷害，好氧性生物體的正常細胞內外都有防禦系統。細胞內負責消除超氧自由基的酵素系統包括：超氧歧化酵素(superoxide

dismutase, SOD), 麩胱甘肽過氧化酶(glutathione peroxidase)和觸酶(catalase)三種酵素, 其中 SOD 是生物體內超氧自由基的首要清除酵素, 可防止人體 DNA 受傷害或致癌、老化、病變等現象。SOD 是一種金屬蛋白酵素, 依活化中心金屬不同可分為 Cu/Zn- SOD、Mn- SOD 及 Fe-SOD; 潘和葉(1997)由 18 株靈芝菌種培養得菌絲體 SOD, 發現這些靈芝以 Mn- SOD 為主, 其中所測出 SOD 活性分佈在 33~280 U/mg DM。其活性依培養條件及生長時間不同而異。

2.6 異黃酮

植物為基質的食物而來的植物動情激素(phytoestrogen)對乳癌(breast cancer), 女性更年期障礙(menopausal symptoms), 骨質疏鬆症(Osteoporosis), 心血管循環器官疾病(cardiovascular disease)等, 具有預防效果; 而植物所含的中 phytoestrogen, 首推大豆異黃酮(soy isoflavones)最受重視。大豆異黃酮是黃豆中最主要的類黃酮素, 其結構形式為葡萄糖苷(glycosides), 其中主要成分為 daidzin 和 genistin, 因不容易被人體吸收利用所以可經由酸鹼或 β -葡萄糖苷酶(β -Glucosidase)將其轉化為游離活化型之異黃酮(aglycones)的 daidzein 與 genistein (江, 1998)。在 Miura (2002) 等人之研究中顯示靈芝菌絲體的發酵液中含有 β -glucosidase 可以將 glycosides 的大豆異黃酮 daidzin 及 genistin 水解生成 daidzein 及 genistein。國內學者也曾以黃豆或黑豆為基質, 分析其靈芝發酵液中之大豆異黃酮含量, 結果顯示其活化型之 daidzein 及 genistein 分別可轉換增加 204.84 及 130.27%, 且具有極佳之 DPPH 自由基捕捉能力及還原力, 可作為營養補充品(楊翔筑, 2005)。

2.7 乳酸菌

2.7.1 乳酸菌之定義

乳酸菌是相當龐大的菌群, 在定義上較為廣泛。共同特性是指可發酵六碳糖產生乳酸的菌株, 且因缺乏電子傳遞系統 (electron transport system) 或細胞色素 (cytochrome), 而無法進行檸檬酸循環 (citric acid cycle) 來取得細胞所需

要的能量，因此，乳酸菌的能量需藉由基質磷酸化(substrate-level phosphorylation)而獲得能量。乳酸菌通常具下述共同特性：

1. 革蘭氏陽性菌（無運動性、不產孢）、營養需求複雜。
2. 依外觀形態分為球菌和桿菌。
3. 需有碳水化合物、胺基酸、核酸衍生物、維生素及多種生長素等養分才可生長。
4. 通常缺乏過氧化氫酶（觸酶）活性及細胞色素，為厭氧、微好氧、耐氧厭氧性或兼性厭氧菌，一般可於有氧環境生長，但以無氧狀態生長較佳，也有絕對厭氧者。(陳文玲，2009)

乳酸菌是「益生菌」中最重要的一群，益生菌的定義為「某一種或複數種微生物當餵食予人類或動物時可增進其腸內菌叢之品質」。乳酸菌能增進腸內菌叢品質之作用是(1)生產有機酸、降低腸pH，(2)和有害菌競爭養份，(3)附著於腸粘膜上皮，減少有害菌增殖場所，(4)產生抗菌物質等。乳酸菌要發揮整腸效果，想當然的必須要能定著於腸道。目前有許多醃酵乳或整腸用乳酸菌製劑使用由人腸道中分離出來的乳酸菌，以求提升其在人體內的定著性。許多臨床實驗也證實這類乳酸菌確實有不錯的整腸效果，也確實會降低腸內不好的菌類。

乳酸菌是指能夠代謝糖類、產生50%以上乳酸之細菌，具有這些功能的細菌包括了：乳酸桿菌(Lactobacillus)、鏈球菌(Streptococcus)、念球菌(Leuconostoc)等。但乳酸菌為習慣用語，並不是分類學上正式用語。我們經常講的雙歧桿菌或比菲德菌會產生乳酸及醋酸，但乳酸不到50%，所以嚴格說來不應稱為乳酸菌。但若由保健營養觀點而言，雙歧桿菌同樣具有安全、健康等乳酸菌所標榜之形象，將之納入乳酸菌家族亦是理所當然。人類飲用醃酵乳品歷史非常悠久，所以，乳酸菌一直被認為是非常安全的菌種（GRAS, generally regarded as safe），是最具代表性的腸內有益菌。

2.7.2 乳酸菌之分類

一般常見的乳酸菌有Lactobacillus,Leuconostoc,Pediococcus, Streptococcus 四個屬，廣義的乳酸菌還包括Bifidobacterium與Sporolactobacillus兩個屬(表2)，隨著分子遺傳學的發展及對乳酸菌生理特性有更進一步的認識，乳酸菌之分類更為清晰，上述有的屬被分成兩個以上，有的則是二屬中各有一部分菌種被集中形成新屬。使得廣義的乳酸菌至1999年12月增加至16個屬(genus)223種(species)，分別為：乳酸桿菌屬 (Lactobacillus)、肉品桿菌屬 (Carnobacterium)、Atopobium、Weissella、鏈球菌屬 (Streptococcus)、腸球菌屬 (Enterococcus)、乳酸球菌屬 (Lactococcus)、徘徊球菌屬 (Vagococcus)、Abitrophia、足球菌屬 (Pediococcus)、四體球菌屬 (Tetragenococcus)、白念球菌屬 (Leuconostoc)、Oenococcus、有孢子桿菌屬 (Sporolactobacillus)、Lactosphaera及雙叉桿菌屬 (Bifidobacterium)等，如表3。(林佩璇，2006)。

表 3 乳酸菌表的分類

屬名	菌型態	乳酸發酵型式	好氧性發育
Streptococcus	雙球菌連鎖球菌	同質	+
Lactococcus	雙球菌連鎖球菌	同質	+
Pediococcus	四鏈球菌	同質	+
Leuconostoc	雙球菌連鎖球菌	同質	+
Lactobacillus	桿菌	同質，異質	+
Bifidobacterium	桿菌	同質	—

資料來源：林佩璇 (2006)

第三章 實驗與研究方法

本研究主要是建構多醣體製程最佳化，探討多醣體加工的品質並進一步提供最佳化加工參數。從文獻探討之中，瞭解田口方法可以找出製程間的各项研究參數，因此在研究方法中利用六標準差的手法引進田口方法，將六標準差的改善步驟用田口方法來作為多醣體產出量的改善方法。本章節將就田口方法來建構多醣體最佳化模型與預測參數的特性描述與導入多品質製程能力分析等詳加說明。

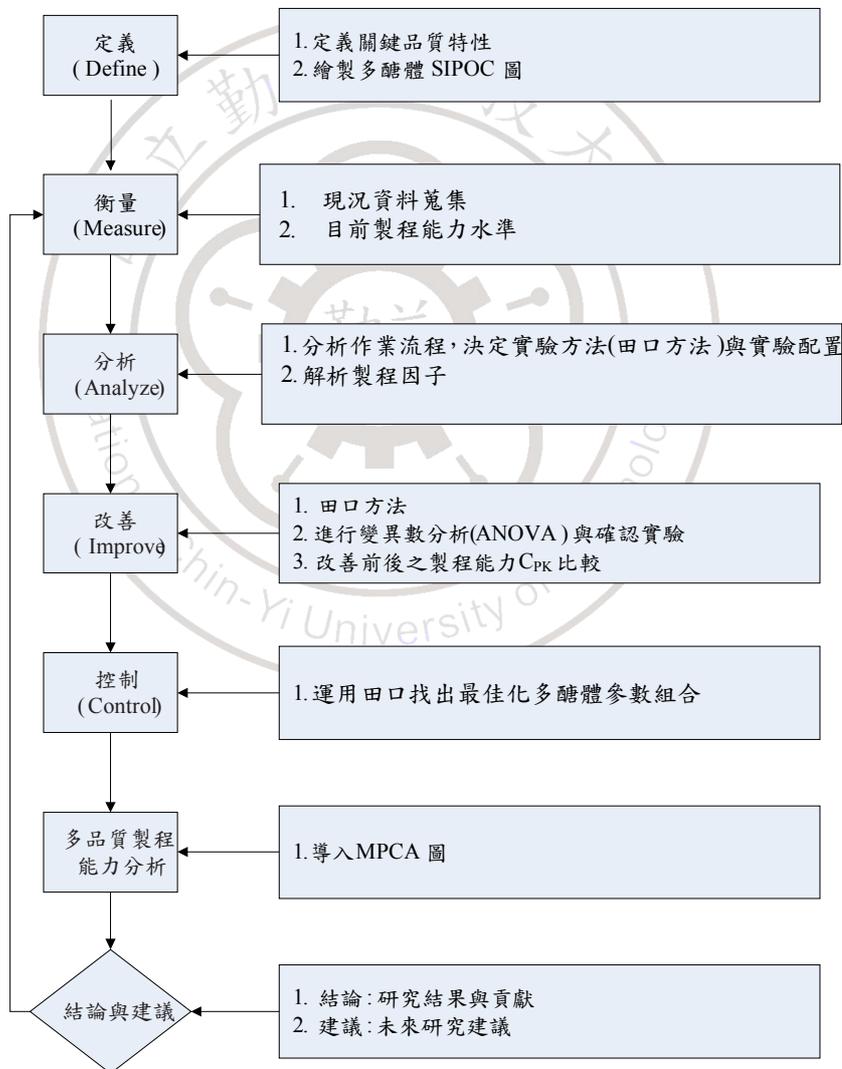


圖 3 DMAIC 研究流程

1. 定義：

根據先前實驗將多醣體之發酵過程數據化並定義其溫度範圍 $22^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ 、溶氧量範圍40%~90%及接種量1%~9%產品特性與穩定度公式，期望能夠求得最大的多醣體的發酵程度，其為望大特性。

2. 衡量：

利用品管的規格界限來衡量其多醣體產出的重量來分析及計算其Cpk值建立量測系統分析。

3. 分析：

進行因子解析，使用田口方法，分析直交表實驗所得的資料，研究出關鍵因子（Key Factors）與水準，找出其多醣體之製程參數組合。

4. 改善：

將蒐集的多醣體產出實驗數據使用Minitab14軟體配置田口實驗，並進行變異數分析與確認實驗。

5. 控制：

將改善後將發酵流程加以控制，維持其成效，確保問題不再發生經過持續管制與監控後將其標準化，運用統計製程管制技術確保其成果，並可建立資料庫將改善之過程加以記錄，以達知識管理之效果。

6. 結論與建議：

根據分析結果，進行現象之解讀，並給合歸納以作具體結論與建議，作為實務上之應用參考。

3.1 實驗材料

3.1.1 實驗菌株

靈芝 *Ganoderma lucidium* BCRC 36123 菌株購至於新竹食品研究所，乳酸菌 *Lactobacillus paracasei* (LP)及 *Bifidobacter longum* (BL)自行採菌，API 50CHL 鑑定。

3.1.2 培養液配置

大豆培養液：1.5%大豆蛋白 (振芳) +1.5 Brix 糖蜜(台糖)。 乳酸菌培養液：10%脫脂奶粉。接種菌源(種子發酵)：靈芝 *Ganoderma lucidium* BCRC36123 (新竹食研所菌種中心)，接種於 PDB (potato dextrose broth ,Difco)，溫度 28°C，震盪速度 120 rpm (250 mL Hinton flask), 4day。

3.1.3 接菌量及接菌時間

靈芝 *Ganoderma lucidium* BCRC36123 接菌量 50:1，培養液在 28°C,每分鐘震盪 120 下之條件下,培養 5 天。乳酸菌 *Lactobacillus paracasei* (LP)或 *Bifidobacter longum* (BL)接菌量 20:1，培養液在 37°C 靜置 5 天。

3.2 實驗設備

1. 無菌操作台 廠牌型號：CHWEN Meei-4BH (台製)
2. 高壓滅菌釜 廠牌型號：HUXLEY HL-340 (台製)
3. 200 公升觸控式全自動滅菌醱酵槽(台製)
4. 低溫迴旋震盪培養箱 廠牌型號：LIAN SHEN-LUS-150 (台製)
5. 冷光儀 廠牌型號：MERCK HY-LiTE2
6. 微電腦酸鹼度計 廠牌型號：Mettlor Toledo-MP225K (日本製)
7. 微量天秤 廠牌型號：Mettler Toledo AB104-S(日本製)
8. 高速冷凍離心機 廠牌型號：HITACHI CF15R(日本製)
9. 精密熱風烘箱 廠牌型號：RISEN RHDM-453 (台製)
10. 光測離子化測定器

11. 紫外光(UV)分光光度計 廠牌型號：HITACHI U-2001(日本製)



圖 4 無菌操作台



圖 5 高壓滅菌釜



圖 6 觸控式全自動滅菌醱酵槽



圖 7 低溫迴旋震盪培養箱



圖 8 MERCK HY-LITE2 冷光儀



圖 9 微電腦酸鹼度計



圖 10 微量天秤



圖 11 高速冷凍離心機



圖 12 熱風烘箱



圖 13 光測離子化測定器



圖 14 紫外光(UV)分光光度計

3.3 分析方法

3.3.1 多醣乙醇沉澱

發酵液加入 4 倍體積之 95 %乙醇，於 4 °C 下靜置 12 hr 後，以 4000rpm 離心 20 分鐘，經離心後之沉澱物置於 60 °C 烘乾。

3.3.2 超氧歧化酶活性測定

根據 Fluka 公司之 SOD 活性分析(19160 SOD determination kit)套組分析法進行測試。

3.3.3 異黃酮含量測定

利用高液相層析儀 HPLC(model L-2130, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)搭配 YMC-Pack ODS-AM 303 層吸管柱(250 × 4.6 μm, 5 μm, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)及 UV 偵測器(model L-2400, Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan).The HPLC equipment used was a chromatograph (model L-2130, Hitachi

High-Technologies Co., Tokyo, Japan)進行分析。移動相以(A)0.1% glacial acetic acid 水溶液及(B) 0.1% glacial acetic acid 之 acetonitrile 溶液建立梯度，在注射 2020 μL 樣品後以溶液(B)15%至 20%沖提 20 分鐘，接著在 10 分鐘內提高至 24%並維持 4 分鐘，接著在 10 分鐘內提高至 35%並維持 8 分鐘，然後在 5 分鐘內降低至 15%，並維持 1.0 mL/min 之流速。(Franke et al., 2003)。

3.3.4 總抗氧化活性分析

3.3.4.1 樣品萃取

秤取樣品粉末 1 g，以 10 mL 之 methanol (Fluka Chemi, Switerland)於室溫下迴轉震盪(400 rpm)萃取 1 小時，經 Whatman No.1 濾紙過濾後，於 4°C，5900 rpm 離心 15 分鐘後收集上清液，進行抗氧化活性測試。

3.3.4.2 測試 DPPH 活性

取 3 mL 的樣品萃取液加入 3 mL 的 200 μM 1, 1-diphenyl -2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma-Aldrich, USA)測定在室溫下 30 min 後之 515 nm 的吸光值。活性單位以 IC₅₀ 表示清除 50% DPPH 自由基率所需之樣品濃度(mg / mL)：清除率(%)= $[A(0)-A(t)] / A(0) \times 100$ ；A(0)為空白組 0 min 的吸光值，A(t)為樣品在 30 min 的吸光值。

並比照 0~1000 μM Trolox (6-hydroxy-2, 5, 7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid) (Sigma-Aldrich, USA)標準品以線性迴歸計算其相當於多少濃度 Trolox (μmol) 之抗氧化活性。(H. Kikuzaki et al., 2001)。

3.3.5 β -葡萄糖苷酶活性測定

秤取 1.0 g 冷凍乾燥之樣品加入 10.0 mL 之 200 mM sodium acetate buffer (pH 4.6)於均勻混合後，於 4°C，以 22,200g 離心 20 min，收集上清液進行酵素活性分析。先將 900 μL 的 1 mM p-NPG (溶於 sodium acetate buffer)於水浴槽預熱至 50°C，加入 100 μL 酵素液於 50 反應 30 min，控制組以去離子水取代酵素液。終

止酵素反應則加入 100 μL 的 100 mM sodium carbonate，於 21,500g 離心 1 min，取上清液測定 420 nm 吸光值。定義每單位酵素活性為在反應條件下每分鐘釋放出 1 μg 的 p-nitrophenol 之酵素量。(McCue, P., et al., 2003)。

3.4 實驗架構

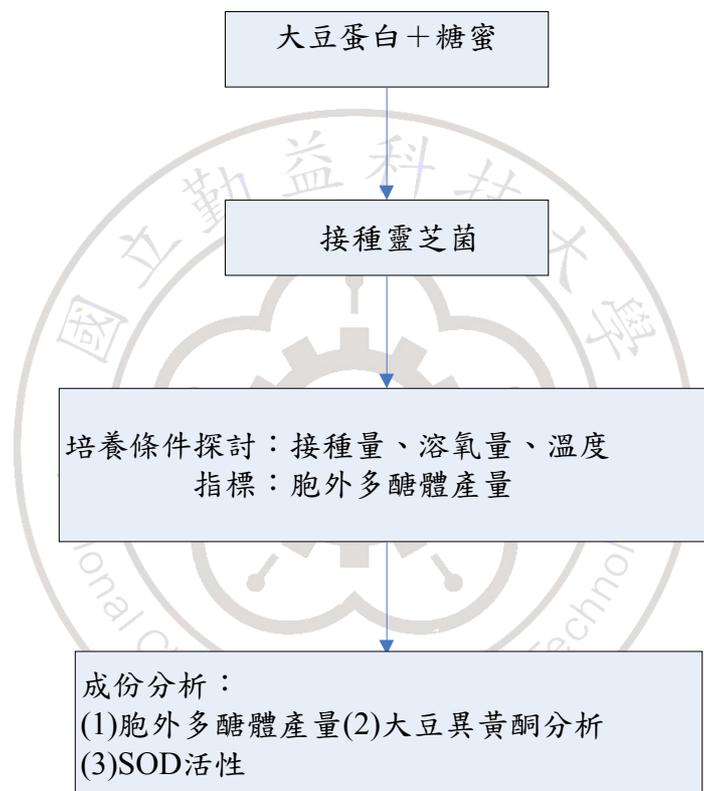


圖 15 實驗架構

3.5 發酵條件之探討

- (1) 接種量之範圍為 1-9%，影響控制：26 $^{\circ}\text{C}$ ，震盪速度 120 rpm，120/500 mL (Hinton flask)，4 day，如表 4

表 4 接種量對多醣體產量之影響

接種量(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
多醣體(g/Kg)	2.01	2.91	3.22	4.13	4.79	4.12	3.57	3.03	2.82

資料來源：本研究整理

(2) 溶氧量之範圍為 40-90%，影響控制：接種 5%，26°C，震盪速度 120 rpm，120/500 mL (Hinton flask), 4 day，如表 5

表 5 溶氧量對多醣體產量之影響

溶氧量	90	80	70	60	50	40
多醣(g/Kg)	4.97	5.01	5.03	4.02	3.01	2.01

資料來源：本研究整理

(3) 發酵溫度之範圍為 22-32°C，影響控制：接種 5%，震盪速度 120 rpm，120/500 mL (Hinton flask), 4 day，如表 6

表 6 發酵溫度對多醣體產量之影響

溫度(°C)	22	24	26	28	30	32
多醣體(g/Kg)	3.01	3.57	4.21	7.48	4.48	3.86

資料來源：本研究整理

所以目前本研究採取接種量 5%、溶氧量 70%、溫度 28°C 進行靈芝多醣飲品之開發。

3.6 田口方法

本模擬實驗擬採用 L9 直交表作模擬實驗分析並以望大特性之 SN 比，其品質特性愈大愈好，亦即品質特性之理想目標值為無窮大。望大特性之 SN 比公式，如(4)式所示。

$$SN = -10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (4)$$

y_i ：品質量測值

n ：量測之數

3.6.1 界定問題(Define)

界定階段是整個改善流程的起點，在本階段主要目的有四：(1)釐清欲改善流程之範圍；(2)界定改善專案欲達成之目標；(3)釐清專案欲改善之核心流程與其架構與(4)界定核心流程的終端顧客與顧客需求。

在此階段必須著重在四個關鍵問題：(1)改善團隊應該關注的「問題」或「機會」是什麼；(2)流程改善之「目標」為何；(3)核心流程的「顧客」為何，核心流程及問題影響之「範圍及對象」；(4)改善團隊應該關注於那些流程。

3.6.2 製程能力分析

Davis(1997)認為良率 (Yield) 的提昇可以說是現今任何生產和管理領域最重要能力指標，因為提昇良率代表著效能認知的提昇，傳統上良率之分析是運用製程能力指標(Process Capability Indices)的 Cpk 值來呈現實際能力。

製程能力指數是假設製程之已知品質因素皆管制在常態狀況時所呈現之品質能力，對依特性值的規格及製程特性的中心位置及一致程度等 3 個主要數據的評價，來表示製程中心的偏移(製程準確度)及製程的一致性(製程精度)。一般製程能力以 Cpk 為評價指數，若 $Cpk \geq 1.33$ 表示合格、 $1 \leq Cpk < 1.33$ 表示警告、 $Cpk < 1$ 表

示不合格 (Kane, 1986)。

本研究所採用之製程能力指標為 Kane(1986)所提出之 Cpk 製程能力指標，可以判斷出製程是否發生變異以及製程的變異是否符合規格，也可以依據實際情況，使用單邊或雙邊規格的量測方法。Kane 共提出了五種製程能力指標，如表 7 製程能力指標表。

表 7 製程能力指標表

指標	公式	說明
Cp	$\frac{USL - LSL}{6\sigma}$	用以衡量具雙邊規格製程的潛在能力
Cpu	$\frac{USL - \mu}{3\sigma}$	上規格界限
Cpl	$\frac{\mu - LSL}{3\sigma}$	下規格界限
k	$\frac{2 m - \mu }{USL - LSL}$	用以衡量製程平均與規格中心的差異程度
Cpk	Min (CPL,CPU) =CP (1-k)	用以衡量具雙邊規格製程的製程績效

資料來源：陳冠宏(2004)

3.6.3 資料分析(Analyze)

針對管理流程的分析，SIPOC 分析流程圖是組織進行流程管理和改進最常用的技術。它的主要目的是使工作的流程一目了然。能以單一簡易的圖形顯示跨職能部

門的整套活動，同時適用所有大小流程的結構，SIPOC 圖都可以用一個框架來勾勒其業務流程，並讓組織維持全景的角度。

3.6.4 流程分析

在確認顧客需求及需求之優先順序後的下一個步驟為建立「高層級流程圖」，藉著圖形來顯示專案涉及的流程，若缺少此圖改善小組可能需花費更長的時間才能找出問題的焦點，一般則稱此高層級流程圖為 SIPOC 圖，「SIPOC」是由五個英文字母之字首組成，分別代表：

1. 供給者(Suppliers)-指提供流程作業所需的資訊、材料及資源的人或組織。
2. 投入(Inputs)- 由供給者提供，指在流程中消耗或轉換的資訊及材料。
3. 流程(Process)-指轉換投入的系列步驟。
4. 產出(Outputs)-指顧客使用的產品或服務。
5. 顧客(Customer)-指接受流程產出的人、公司或其他流程。

表 8 SIPOC 分析

供應者	投入	流程	產出	顧客
資材人員 技術人員 生管人員 品保人員	工時 材料 生產管理系統 庫存管理系統	訂單進廠派工 生產 品檢 完工 包裝 出廠	靈芝多醣飲品	客戶

資料來源：本研究整理

SIPOC 分析流程圖各細項說明如下：

(1) 供應商 (Supplier)：

向核心流程提供關鍵信息、材料或其它資源的組織。之所以強調“關鍵”，是因為一個公司的許多流程都可能會有為數眾多的供應商，但對價值創造起重要作用的只是那些提供關鍵東西的供應商。

(2) 輸入 (Input)：

供應商提供的資源等。通常會在 SIPOC 圖中對輸入的要求予以明確，例如輸入的某種材料必須滿足的標準，輸入的某種信息必須滿足的要素等。

(3) 流程 (Process)：

使輸入發生變化成為輸出的一組活動，組織追求通過這個流程使輸入增加價值。

(4) 輸出 (Output)：

流程的結果即產品。通常會在 SIPOC 圖中對輸出的要求予以明確，例如產品標準或服務標準。輸出也可能是多樣的，但分析核心流程時必須強調主要輸出甚至有時只選擇一種輸出，判斷依據就是哪種輸出可以為顧客創造價值。

(5) 顧客 (Customer)：

接受輸出的人、組織或流程，不僅指外部顧客，而且包括內部顧客，例如材料供應流程的內部顧客就是生產部門，生產部門的內部顧客就是營銷部門。對於一具體的組織而言，外部顧客往往是相同的。

本研究再以魚骨圖來找出影響產品不良率的關鍵因素，以機器設備、人員、參數、原物料、找出其相關性，如下圖 16 所示。

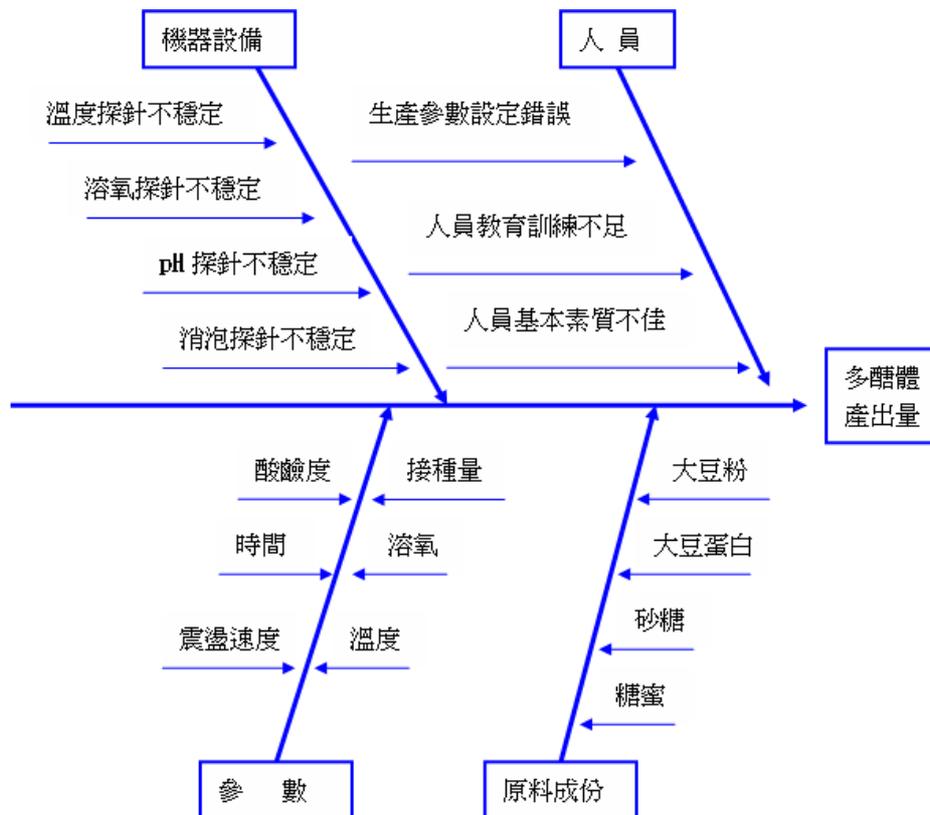


圖 16 多醣體產出量魚骨圖

3.6.5 田口方法的應用

田口方法在本研究之應用有二方面，一是規劃試驗點時，應用田口方法之直交表來均衡各設計變數之權重和目標函數之穩定性。二是利用田口方法，分析直交表實驗所得的資料，研究出關鍵因子 (Key Factors) 與水準，找出最佳化製程參數組合。田口方法不僅可以減少相對於傳統分析之龐大試驗分析次數，並且有利於做初步或大範圍的工作分析，其分析工作簡單、迅速且方便，最後可分析出各設計變數對整體目標函數最佳化影響量的特性。換言之，本研究以田口方法規劃多醣體試驗及參數執行步驟，主體上可分為上述之三個流程。田口方法在規畫實驗的執行步驟 (Chen et al, 2005)歸納如下：

- 步驟一：搜尋因子。先找影響產品品質特性的信號因子與雜音因子，並決定各因子水準等級數目。
- 步驟二：決定直交表種類。根據實驗之因子數及水準數等級數決定使用何種直交表。
- 步驟三：將影響因子放入直交表內。把可控制因子放在表內，而雜音因子放在外表。
- 步驟四：決定 SN 比公式。依產品品質特性 Y 屬性：望大、望小、望目，找出相對應之 SN 比(信號/雜音)的公式，並將特性值轉換成 SN 比。
- 步驟五：找出個因子之最佳水準。利用直交表找出個因子之對比(Contrast)，依大小順序排列。再比較每一個因子中個水準之 SN 比，找出最大者。
- 步驟六：分析交互作用的情形。若因子間的交互作用很大時，表示其交互作用顯著，則因子須再做調整。調整後的組合變為最佳參組合。
- 步驟七：確認實驗結果。先計算預估之 SN 比值，依據所得到最佳組合進行實驗，將得到的數據轉換成 SN 比後判定是否有落於信賴區間內。若有，表示實驗無誤；若無，表示事實設計上有所缺失。可能的缺失原因有如直交表選擇錯誤，因子水準設計值有問題以及忽略交互作用的存在等，則表示實驗失敗，必須重新設計實驗。

3.6.6 因子分析

影響成品的因素很多，未能有效的進行實驗，本研究是針對靈芝多醣體產出量過程中有關的製程參數為控制因子。研究經由文獻探討、專家訪談以及流程分析，將影響靈芝多醣體產出製程的因子解析解析如表 9 所選擇的因子為接種量、溶氧、溫度等製程參數本。

表 9 影響因素分析表

控制因子	接種量	接種量的多寡與固定時間內多醣產出量會有所影響。
	溶氧	因靈芝菌為好氧菌，所以溶氧高低與多醣產出量會有所影響。
	溫度	因靈芝菌也有其生長之溫度範圍，不同之溫度對多醣產出量會有所影響。
固定因子	原料成份	原料成份與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定原料成份進行。主原料：大豆蛋白、糖蜜。
	時間	時間與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定時間（發酵4天）進行。
	震盪速度	震盪速度與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定震盪速度120 rpm進行。

資料來源：本研究整理

3.6.7 實驗改善(Improve)

在改善階段的步驟中，確認重要產品與量化這些產品品質結果的影響，以定訂出每個產品的最大可接受區間，確定產品品質合乎顧客需求。然而在改善階段中的主要作業包含有：構思、選擇與執行改善方案。六標準差以「流程改善」的手法解決問題。

「流程改善」以現有流程為基礎，構思改進方法以修正作業流程，其包含有五大步驟：(1)構思問題解決之概念及方案；(2)篩選解決方案數量並定訂方案聲明；(3)選出可執行或推薦的解決方案；(4)執行流程改進；(5)衡量改善結果。

當生產靈芝多醣體時，最初所使用的製程參數經常不是最有效率的，經過不斷

的嘗試以後，才產生條件要求下之最佳製程參數。因此，為使靈芝多醣體品質與效率快速提昇，本研究新產品製程參數的最佳化模組，將以提高靈芝多醣體產出的最大產出率為製造目標，滿足靈芝多醣體的品質做為拘束條件，再藉由田口實驗法搜尋出最理想的生產參數組合。

3.6.8 決定實驗方法與因子配置

Taguchi & Wu (2004) 認為田口式實驗方法係以參數設計來改善品質，即先針對需要改善的品質定出目標函數，找出影響目標函數的因素及水準，並運用直交表來決定實驗的因子配置及實驗次數，以較少實驗次數獲得與全因子實驗相同之資訊。考量成本效益找出最佳的管理水準組合。

本實驗採田口方法。經工程師判斷各個實驗因子間交互作用很小，可將交互作用的效應視為實驗誤差的一部分。本次實驗因子數為 3，每個因子皆為 3 水準，不考慮交互作用，選擇 $L9(3^3)$ 直交表，因子水準設定，以本研究所選擇的 $L9(3^3)$ 直交表為例，其符號說明如表 7：數字 3 表示因子的水準，此實驗的因子為三水準，「行」的編號可供因子或交互作用配置其上之用 $L9$ 直交表共有三行代表可配置 3 個因子。列數等於直交表的實驗次數 $L9$ 直交表的實驗次數為 9 次，故實驗編號由 1 至 9 實驗編號並不代表實驗順序。理論上，實驗順序宜隨機決定選擇 $L9(3^3)$ 直交表表示可容納 3 個 3 水準的控制因子。如表 10。

表 10 L9(3³)直交表

因子 實驗	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

資料來源：本研究整理

3.6.9 實驗數據分析

信號雜音比係用來衡量產品品質的一種統計度量。SN比與損失函數有密切關係，SN比可衡量品質的穩定性，SN比愈高表示損失愈少，並利用抽取出來的最佳實驗數據計算其信賴區間(CI_1)值。田口博士有效利用直交表及SN比的觀念，以參數設計方法求得依最佳參數水準組合，可降低系統對各種雜音之敏感度，依本研究靈芝多醣之品質特性使用望大特性來規劃實驗點。

經由田口實驗設計的實驗因數水準規劃，重複實驗3次。本實驗應用望大特性做為多醣體產出量的分析工具來求得一組最佳實驗參數組合，以MINITAB 14.0軟體計算實驗回應值與SN比。

3.6.10 控制(control)

在控制階段，首先是將改善後之流程加以控制，維持其成效，確保問題不再發生經過持續管制與監控後將其標準化，運用統計製程管制技術確保其成果，並可建立資料庫將改善之過程加以記錄，以達知識管理之效果。

本研究在控制階段是對確認實驗成功後對於改善成果之保持與控制，首先依據確認實驗所獲得的最佳水準組合，修改相關因子之水準，然後將原本之製程流程圖加以更新及修改，並持續管制紀錄，待製程穩定後，再製作標準作業程序。

利用六標準差管理手法結合田口方法，進行改善完成後，必須進行維護作業，而本階段所包含的作業內容有三項重點：

- (1) 持續進行不良率的衡量以維持改進的成效，並加以執行三項作業以加強改進成效：
 - A. 建構流程管制計畫：建立一套控管系統，以適時監督作業的實際情形。
 - B. 改革歷程文件化：製作標準作業程序(SOP)，以提供未來改革時的參考。
 - C. 找出關鍵的衡量基準：繪製衡量圖表，並維持監督作業的不良率變化。
- (2) 界定流程管理權與擁有權。
- (3) 執行管理。

3.7 多品質製程能力分析

本研究以 Cpk 指標作為評估工具，參考(Chen et al., 2003)論文的方法以及(陳冠宏, 2004)所繪出之多品質特性製程能力分析圖(MPCA)來評估產品之多品質製程能力是否達到產品規格的要求水準，評估產品的製程能力與績效，並提供一個改善產品整體性的品質的決策方向。

3.7.1 確認品質水準

首先必須先確認客戶要求之品質水準要求為幾倍標準差，依據表 11 標準差與 Cpk 製程水準對照表可以得知製程能力 Cpk 為何，亦即為產品總製程能力值。假設

若取 6σ 的品質水準時，此時 $C_{pk}=1.5$ ，根據 Motorola 在推動六標準差時允許製程可以有 ± 1.5 個標準差的製程偏移量。

統計製程管制圖穩定後，可以直接由平均數管制圖上和全距管制圖的資料得到準確指標度為 $\hat{u}_y = \bar{Y}$ 和精確指標 $\hat{\sigma}_y$ ，並將 \hat{u}_y 、 $\hat{\sigma}_y$ 定義如下：

$$\hat{u}_y = \bar{Y} = \frac{\bar{X} - T}{d} \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_y = \frac{\bar{R}_y}{d_2} \quad (6)$$

本研究所採用 (Kane, 1986) 所提出之 C_{pk} 製程能力指標，公式如下：

$$\hat{C}_{pk} = \frac{1 - |\hat{u}_y|}{3\hat{\sigma}_y} \quad (7)$$

接著以 $\hat{\mu}_i$ 為橫座標且以 $\hat{\sigma}_i$ 縱座標，則可仿造 (Chen et al, 2003) 的方法繪出多品質特性製程能力分析圖 (MPCA) 去評估這 k 個工作站的加工能力。在產品加工前先對產品的品質水準實施要求，首先來探討各種品質水準所對應 C_{pk} 值及根據 Motorola 在推動六標準差時允許製程可以有 ± 1.5 個標準差的製程偏移量，故本研究準確指標度 (\hat{u}_y) 的值需小於 $1/4$ 為管制區間，並依此建立製程偏移管制區塊定義如下：

$$CB \left\{ \left(\hat{u}_y, \hat{\sigma}_y \right) \left| \frac{1 - |\hat{u}_y|}{3\hat{\sigma}_y} \leq 1.5, |\hat{u}_y| \leq 1/4 \right. \right\} \quad (8)$$

根據 Bothe (1992)、Chen et al.(2001)、Chen et al.(2003) 的觀念，一個顧客可以接受的產品，必須使產品之數個品質特性皆達到一定的水準，才是一個合格的產品。根據 Boyles (1991) 指出 C_{pk} 是基於製程量率所定義出來的指標，其 C_{pk} 指標與製程良率 (P_i) 具有下列不等式關係：

$$P_i \geq 2\Phi(3C_{pki}) - 1 \text{ 其中 } i=1, 2, \dots, W$$

依據 Chen et al (2003) 的方法整合這 w 個指標而形成產品品質指標，如下所示：

$$C_T = \left(\frac{1}{3}\right)\Phi^{-1}\left\{\frac{1}{2}\left(\prod_{i=1}^w [2\Phi(3C_{pki})-1]\right)+1\right\} \quad (9)$$

當一個產品有多個品質特性時，就算個別品質特性都符合製程能力要求也無法滿足顧客需求，據此我們得一個可以反應產品良率的關係：

$$P_T = \prod_{i=1}^w P_i \geq \prod_{i=1}^w [2\Phi(3C_{pki})-1] \geq 2\Phi(3C_T - 1) \quad (10)$$

如前述所述必須每一品質特性的製程良率 P_i 皆大於 P^T 才能保證符合最終產品製程水準要求，因此當要求產品的製程能力指標 $C_T \geq C$ 時，則

$$C_T = \left(\frac{1}{3}\right)\Phi^{-1}\left\{\frac{1}{2}\left(\prod_{i=1}^w [2\Phi(3C_{pki})-1]\right)+1\right\} \geq C \quad (11)$$

因此可得知個別品質特性的最小製程能力 C_0 為

$$C_0 = \frac{1}{3}\Phi^{-1}\left[\left(\sqrt{2\Phi(3C_T)-1}+1\right)\div 2\right] \quad (12)$$

其中， C_0 為別品質特性最小製程能力，當我們要求整個製程能力指標達到 0.5、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75 和 2.0 時的情況下，所對應 w 個個別品質特性之 C_0 值

3.7.2 最小製程能力指標

依據品質特性個數去決定個別品質特性的最小製程能力值。表 11 為當要求整個製程能力指標達到 0.5、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75 和 2.0 時的情況下，所對應之品質特性個數與個別品質特性的最小製程能力之值。

表 11 品質特性個數與最小製程能力對照表

品質水準	2σ	3σ	4σ	5σ	6σ	7σ	8σ
1	0.500	0.750	1.000	1.250	1.500	1.750	2.000
2	0.606	0.834	1.068	1.307	1.548	1.792	2.037
3	0.663	0.881	1.107	1.339	1.576	1.816	2.059
4	0.702	0.913	1.133	1.361	1.595	1.833	2.074
5	0.731	0.937	1.153	1.379	1.610	1.846	2.085
6	0.754	0.956	1.170	1.392	1.622	1.857	2.095

7	0.774	0.972	1.183	1.404	1.632	1.866	2.103
8	0.790	0.986	1.195	1.414	1.641	1.874	2.110
9	0.804	0.998	1.205	1.423	1.649	1.880	2.116
10	0.817	1.009	1.214	1.431	1.656	1.886	2.121
11	0.828	1.018	1.222	1.438	1.662	1.892	2.126
12	0.839	1.027	1.230	1.444	1.667	1.897	2.130
13	0.848	1.035	1.236	1.450	1.673	1.901	2.135
14	0.856	1.042	1.234	1.455	1.677	1.906	2.138
15	0.864	1.049	1.248	1.460	1.682	1.909	2.142

資料來源：陳冠宏(2004)

3.7.3 測數據的輸入

運用 EXCEL 軟體，將模具之各品質特性加工後之量測數據後紀錄並整理輸入，將各個品質特性的落點描繪於多品質特性 Cpk 製程能力分析圖上。

3.7.4 落點判讀

最後再以落點之位置加以判讀的方法，進行此產品之個別品質特性其製程能力水準與總產品之製程能力的判斷，以確定此產品是否以達顧客所要求的品質水準。若以單品質特性為例，當品質特性落點位於 $Cpk=1.50$ 等高線的下方，且位於製程偏移管制界限 $\pm 1/4$ 之準確度區間內，表示產品的製程能力足夠，並達到 6σ 的水準。

第四章 實證研究

本章為依據本研究之研究動機與目的，並應用第三章之研究方法，以六標準差及田口方法運用其 MINITAB 14 版軟體來進行資料驗證與分析。本研究是以靈芝多醣體產出量製程為實驗對象，運用六標準差之 DMAIC 改善步驟，將製程流程化，以有系統的方法來找出影響之靈芝多醣體產出量關鍵因子，結合田口實驗設計及 ANOVA 分析，進行實證實驗，指定出最適的條件，並透過確認實驗驗證製程能力與多醣體之產出量之提升。圖 17 靈芝多醣飲品之製造流程圖。

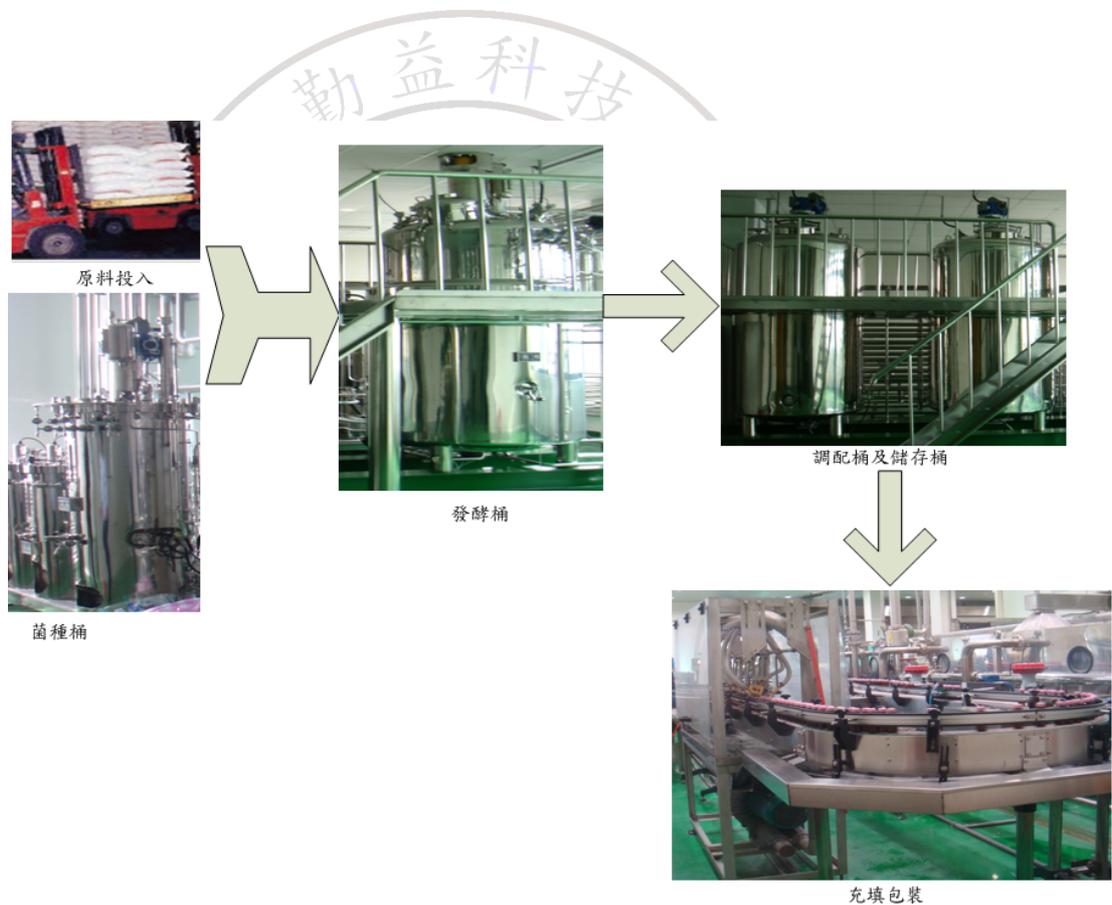


圖 17 靈芝多醣飲品之製造流程圖

4.1 現況數據

Davis(1997)認為良率 (Yield) 的提昇可以說是現今任何生產和管理領域最重要能力指標，因為提昇良率代表著效能認知的提昇，傳統上良率之分析是運用製程能力指標(Process Capability Indices)的 Cpk 值來呈現實際能力。

製程能力指數是假設製程之已知品質因素皆管制在常態狀況時所呈現之品質能力，對依特性值的規格及製程特性的中心位置及一致程度等 3 個主要數據的評價，來表示製程中心的偏移(製程準確度)及製程的一致性(製程精度)。一般製程能力以 Cpk 為評價指數，若 $Cpk \geq 1.33$ 表示合格、 $1 \leq Cpk < 1.33$ 表示警告、 $Cpk < 1$ 表示不合格 (Kane, 1986)。

在先前生產紀錄中隨機抽取 30 樣品，分別測定其多醣體產出量，對當前的生產製程能力波動對影響分析。本研究隨機抽取 30 樣品之多醣體產出量數據如表 12 所示，而其 Cpk 值上下屆值為 2.75g 及 4.73g 計算製程能力指數 $Cpk=0.48 < 1.33$ 。

表 12 現況數據

現況數據										單位: g/kg
3.73	2.97	2.87	4.23	3.68	3.53	2.59	4.16	3.94	3.23	
2.66	3.48	3.86	3.98	2.95	3.59	4.15	4.51	2.94	4.56	
4.37	4.22	3.26	3.17	3.77	3.85	2.88	2.99	4.48	3.60	

資料來源：本研究整理

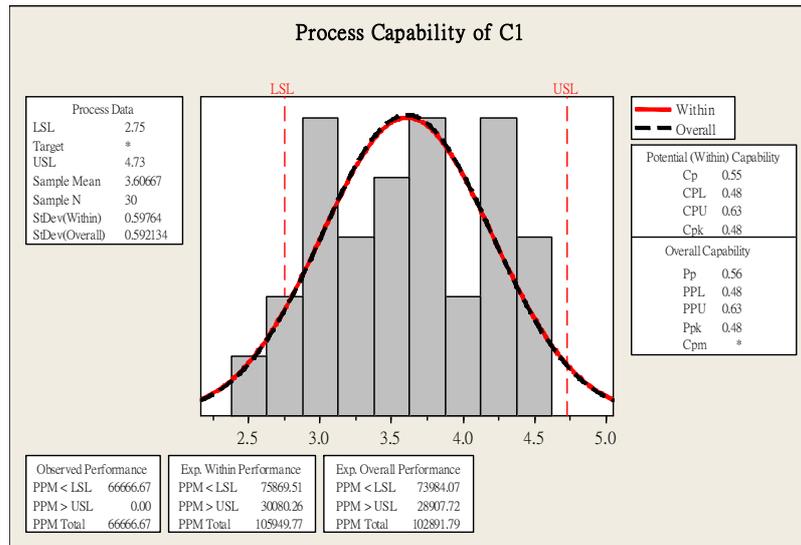


圖 17 現況製程能力計算結果圖

4.2 因子分析

本研究經由文獻探討、專家訪談以及流程分析，將影響靈芝多醣體產出的因子解析如圖 19：

經由魚骨圖分析結果出，多醣體產出量需要由機器設備、人員、參數、原料成份中，尋找其固定因子及控制因子。

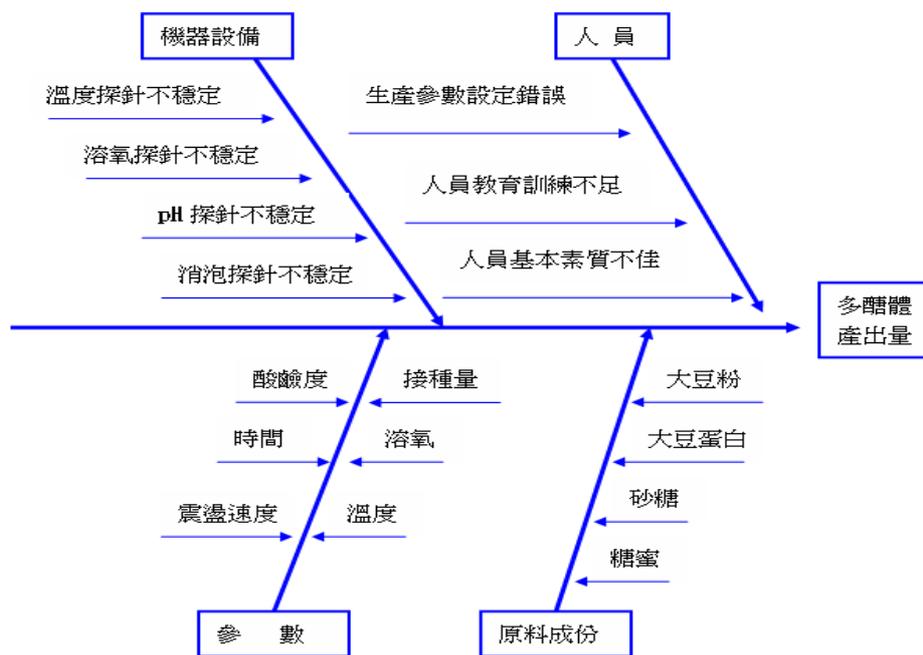


圖 19 影響多醣體產出量之特性要因分析

本研究經由文獻探討及發酵條件之探討，將影響製程因子分析如表 13、表 14。

表 13 影響因素分析表

控制因子	接種量	接種量的多寡與固定時間內多醣產出量會有所影響。
	溶氧	因靈芝菌為好氧菌，所以溶氧高低與多醣產出量會有所影響。
	溫度	因靈芝菌也有其生長之溫度範圍，不同之溫度對多醣產出量會有所影響。
固定因子	原料成份	原料成份與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定原料成份進行。主原料：大豆蛋白、糖蜜。
	時間	時間與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定時間（發酵4天）進行。
	震盪速度	震盪速度與多醣體產出多少會有影響，但本次實驗以固定震盪速度120 rpm進行。

資料來源：本研究整理

表 14 可控因素分析表

控制因子	範圍	現況
接種量%	1-9%	5%
溶氧量%	40-90%	70%
溫度 $^{\circ}\text{C}$	22-32 $^{\circ}\text{C}$	28 $^{\circ}\text{C}$

資料來源：本研究整理

4.2.1 實驗因子與水準的選取

經由文獻探討、發酵條件探討、專案小組及製程工程師討論，因子水準選取由過去經驗的累數據資料決定如表 15：

表 15 控制因子與水準

因子	A	B	C
水準	接種量%	溶氧量%	溫度 ($^{\circ}\text{C}$)
水準1	4	90	26
水準2	5	70	28
水準3	6	50	30

資料來源：本研究整理

4.2.2 決定實驗方法與因子配置

考量成本效益找出最佳的管理水準組合，本實驗採田口方法。經製程工程師判斷各個實驗因子間交互作用很小，可將交互作用的效應視為實驗誤差的一部分。本次實驗因子數為 3，每個因子皆為 3 水準，不考慮交互作用，選擇 L9(3³) 直交表，因子水準設定如表 16：

表 16 L9(3³)直交表

實驗編號	行			因子		
	A	B	C	接種量	溶氧量	溫度
1	1	1	1	4	90	26
2	1	2	2	4	70	28
3	1	3	3	4	50	30
4	2	1	2	5	90	28
5	2	2	3	5	70	30
6	2	3	1	5	50	26
7	3	1	3	6	90	30
8	3	2	1	6	70	26
9	3	3	2	6	50	28

資料來源：本研究整理

4.2.3 實驗數據分析

經由田口實驗設計的實驗因數水準規劃，重複實驗 3 次，觀測值如表 17。本實驗應用望大特性做為多醣體產出量的分析工具來求得一組最佳實驗參數組合，望大特性 SN 比定義如式 1，以 MINITAB 14.0 軟體計算實驗回應值與 SN 比數據如表 17：

表 17 L9(3³)直交表實驗回應值與 SN 比

實驗 編號	A	B	C	多醣體產出量觀測值 (g/Kg)				SN比
				1	2	3	4	
1	1	1	1	3.1	3.45	3.83	4.26	11.0881
2	1	2	2	2.78	3.27	3.85	4.53	10.7172
3	1	3	3	3.16	3.63	4.17	4.80	11.5967
4	2	1	2	2.16	2.88	3.84	5.12	9.5776
5	2	2	3	2.35	2.87	3.50	4.27	9.5963
6	2	3	1	2.49	2.89	3.36	3.91	9.6357
7	3	1	3	3.51	3.86	4.24	4.66	12.0419
8	3	2	1	2.60	3.26	4.07	5.09	10.6932
9	3	3	2	2.88	3.32	3.81	4.38	10.8053

資料來源：本研究整理

因為 SN 比愈大代表品質愈佳(損失愈小)，故 SN 比最大者即為最佳的參數水準組合，在此參數水準下生產之產品，其變異亦為最小。繪製圖 20 SN 比之因子效果圖可知最佳顯著水準為 A3B1C3，及其最佳水準組合為：接種量 6%、溶氧量 90%、溫度 30℃。

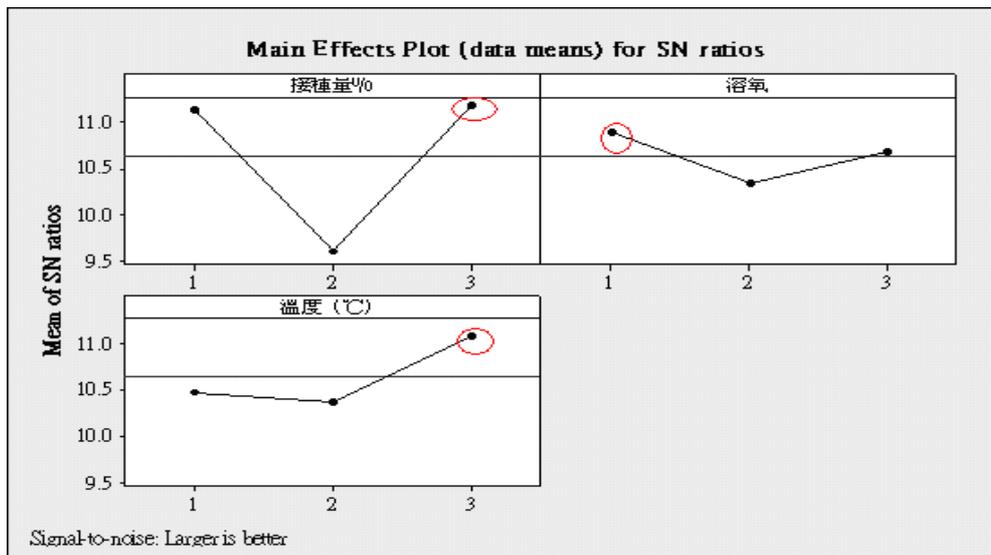


圖20 SN比之因子效果圖

4.2.4 變異數分析

經由變異數分析發現 A、B 與 C 因子具有顯著影響，其中因子 A 影響最為顯著。本實驗 P_{err} 為 8.69%，小於 15% 可認定此實驗沒有忽略一些重要因素。若誤差項的貢獻度百分比 $\geq 15\%$ ，則可假設實驗狀況不理想或是有很大的誤差發生，有些重要因子被忽略由表 18 中得知，其變異數分析主要是為了找出對靈芝多醣體產出貢獻度最大的控制因子，由表中可以看到貢獻率最大值為 A 水準；所以接種量對靈芝多醣體產出的貢獻最多，影響最大。暫時推論其皆為效果顯著之因子，待確認實驗之驗證後再作結論。

表 18 SN 比變異數分析表

變異來源	自由度 (df)	平方和 (SS)	均方 (MS)	F值	淨平方和	貢獻率%
A*	2	4.81	2.421	35.08	4.69	74%
B	2	0.49	0.25	3.55	0.35	5.54%
C	2	0.89	0.44	6.42	0.75	11.78%
合併誤差	2	0.1378	0.069		0.55	8.68%
總和	8	6.3442			6.3342	100%

(*表具有顯著影響因子)

資料來源：本研究整理

4.2.5 最適條件的推定

計算在此最佳狀況下的期望SN比值與 CI_1 如式：

$$\hat{\eta} = \bar{\eta} + (\bar{A}_3 - \bar{\eta}) + (\bar{B}_1 - \bar{\eta}) + (\bar{C}_3 - \bar{\eta}) = 12.5023$$

$$CI_1 = \sqrt{F_{\alpha;1,2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} \right]}$$

$$= \sqrt{18.51 \times 0.069 \times \frac{7}{9}} = 0.996679$$

根據最佳狀況下的期望SN比值與 CI_1 值可以計算出最佳條件下之期望SN比的

範圍為：[12.5023±0.996679] = [11.5056, 13.4989]

4.2.6 確認實驗

確認實驗可驗證所預測最佳條件下之平均值是否有效，本實驗進行3次(3 trials)

確認實驗如表19並計算 CI_2 如式：

表 19 實驗回應值及 SN 比

實驗編號	因子			觀測值			SN 比
	A	B	C	1	2	3	
1	3	1	3	4.49	4.50	4.53	13.0769
2	3	1	3	4.56	4.58	4.58	13.2046
3	3	1	3	4.61	4.60	4.62	13.2740

資料來源：本研究整理

$$\begin{aligned}
 CI_2 &= \sqrt{F_{\alpha;1,2} \times V_e \times \left[\frac{1}{n_{eff}} + \frac{1}{r} \right]} \\
 &= \sqrt{18.51 \times 0.069 \times \left(\frac{7}{9} + \frac{1}{3} \right)} = 1.1912
 \end{aligned}$$

因此，確認實驗之期望SN比信賴區間為：

$$[12.5023 \pm 1.1912] = [11.3111, 13.3935]$$

經由上述確認實驗，SN比皆落在95%信賴區間內，表示實驗結果成功。

4.2.7 製程能力計算

經由確認實驗得知，期望SN比信賴區間為：

$$[12.5023 \pm 1.1912] = [13.3935, 11.3111]$$

再經由30次的取樣重新計算，將確認實驗所獲得的9個回應值(表20)，計算其製程能力Cpk值為1.41不僅大於原來的Cpk值(0.48)且優於Cpk=1.33 的合格標準，表示本研究以A3-B1-C3的組合條件，即接種量6%、溶氧量90%、溫度30°C，確實可提昇靈芝多醣產出量之品質穩定性。圖21改善後製程能力計算結果圖。

表 20 實證數據

實證數據 (單位:g/kg)				
4.48	4.49	4.49	4.51	4.46
4.50	4.51	4.53	4.48	4.49
4.55	4.56	4.56	4.58	4.57
4.61	4.60	4.62	4.63	4.59
4.58	4.62	4.61	4.59	4.60
4.61	4.62	4.59	4.58	4.61

資料來源：本研究整理

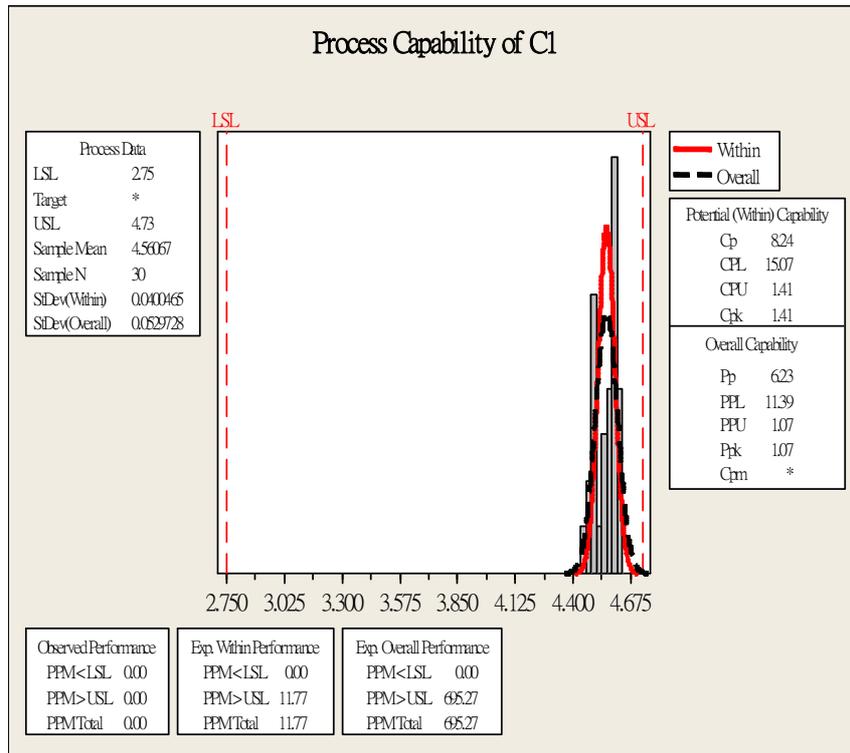


圖 21 改善後製程能力計算結果圖

4.2.8 流程控制(Control)

本研究藉由導入6-Sigma的方法獲得最適條件，在經過確認實驗以及製程能力分析後，可以驗證所獲得之結論為正確，本研究將針對其作二點管制：

1. 改變因子組合，將控制因子即將接種量修正為6%、溶氧量修正為90%、溫度設為30°C。
2. 重新制定上下管制界限，配合製程能力。
3. 持續觀察紀錄，並運用製程能力分析圖加以監控，在製程品質穩定後，建立 SOP 以利運作。

4.3 多品質特性製程能力分析(MPCA)

透過六標準差之DMAIC手法結合田口實驗設計，得知能夠有效改善品質水準並提升製程能力，但其只能以單一之品質特性加以探討，而在實際運作過程當中常具其它品質特性滲雜加入，因此對於其整體之製程能力是否能有效的提升及運作而產生出盲點，因此運用多品質特性製程能力分析來分析其它因素及條件之下對於多醣體的產出是否提升。

在確定量測過中得知規格化公差之範圍，因本研究以靈芝多醣體為例，目標以異黃酮及SOD為品質特性，進行多品質製程能力分析，其規格及公差詳如表21品質特性表。

表 21 品質特性表

靈芝多醣飲品品質特性及規格			
項目	品質特性	規格	公差
A	異黃酮	1.2($\mu\text{g}/\text{mL}$)	$\pm 0.2(\mu\text{g}/\text{mL})$
B	SOD	98(U/mL)	$\pm 5(\text{U}/\text{mL})$

資料來源：本研究整理

參考陳冠宏(2005)機械加工機少量多樣生產模式之工作站與產品製程能力分析，來探討各種品質水準所對應的Cpk 值及良率表22，此時Cpk = 1.5，根據Motorola 在推動六標準差時，允許製程可以有 ± 1.5 個標準差的製程偏移量來探討在產品導入初期，在單一站別不同訂單之製程能力。

多品質特性Cpk 製程能力分析圖與製程能力區塊定義，去分析每個產品品質特性的製程能力，並其步驟如下：

表 22 標準差與 Cpk 製程水準對照表

品質水準	對應之Cpk值	良率	管制區間
8 σ	2.00	0.99999999996	$\pm 3/17$
8 σ	2.00	0.99999999996	$\pm 3/17$
7 σ	1.75	0.99999998101	$\pm 3/14$
6 σ	1.50	0.99999660232	$\pm 1/4$
5 σ	1.25	0.99976737088	$\pm 3/10$
4 σ	1.00	0.99379031568	$\pm 3/8$
3 σ	0.75	0.93318940105	$\pm 1/2$
2 σ	0.50	0.69122983219	$\pm 3/4$

資料來源：陳冠宏(2005)

當量測設備精度品質特性等前置作業完成之後，依據文獻探討中所列之步驟，評估模具在線切割製程之多品質製程能力是否達到一定的要求水準，其所述之步驟如下：

步驟一：

首先必須先確認客戶要求之模具品質水準要求之品質水準為6 σ ，依據C_{pk}製程水準對照表可以得知此製程能力C_{pk}為1.44，亦即為產品總製程能力值。根據Motorola在推動六標準差時允許製程可以有 ± 1.5 個標準差的製程偏移量，故準確指標度($\hat{\mu}_y$)的值需小於1/4為管制區間。

步驟二：

當要求整個製程能力指標達到1.44的情況下，共有兩種品質特性，由表21所對應之個別品質特性的最小製程能力之值為1.44，也就是其品質特性的製持能力皆須大於C_{pk}=1.44，其最終的產品總製程能力才可能到達C_{pk}=1.44的要求。

步驟三：

依據步驟二所得個別品質特性的最小製程能力值1.44，去繪出精確度的高度為0.2153，並同時設定準確度的製程偏移管制區間 ± 0.25 ，可以得到靈芝多醣體之多品質特性 C_{pk} 製程能力分析圖，如圖21。

表 23 異黃酮數據表

項目	異黃酮		規格上限		1.4($\mu\text{g}/\text{mL}$)	
目標值	1.2($\mu\text{g}/\text{mL}$)		規格下限		1.0($\mu\text{g}/\text{mL}$)	
數據	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.1
	1.3	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2
	1.1	1.1	1.1	1.4	1.1	1.1
	1.2	1.1	1.2	1.2	1.0	1.2

資料來源：本研究整理

表 24 SOD 數據表

項目	SOD		規格上限		103(U/mL)	
目標值	98(U/mL)		規格下限		93(U/mL)	
數據	97	95	99	102	95	95
	94	101	96	99	98	95
	99	96	101	95	97	98
	100	98	98	97	97	97
	98	102	99	100	99	101

資料來源：本研究整理

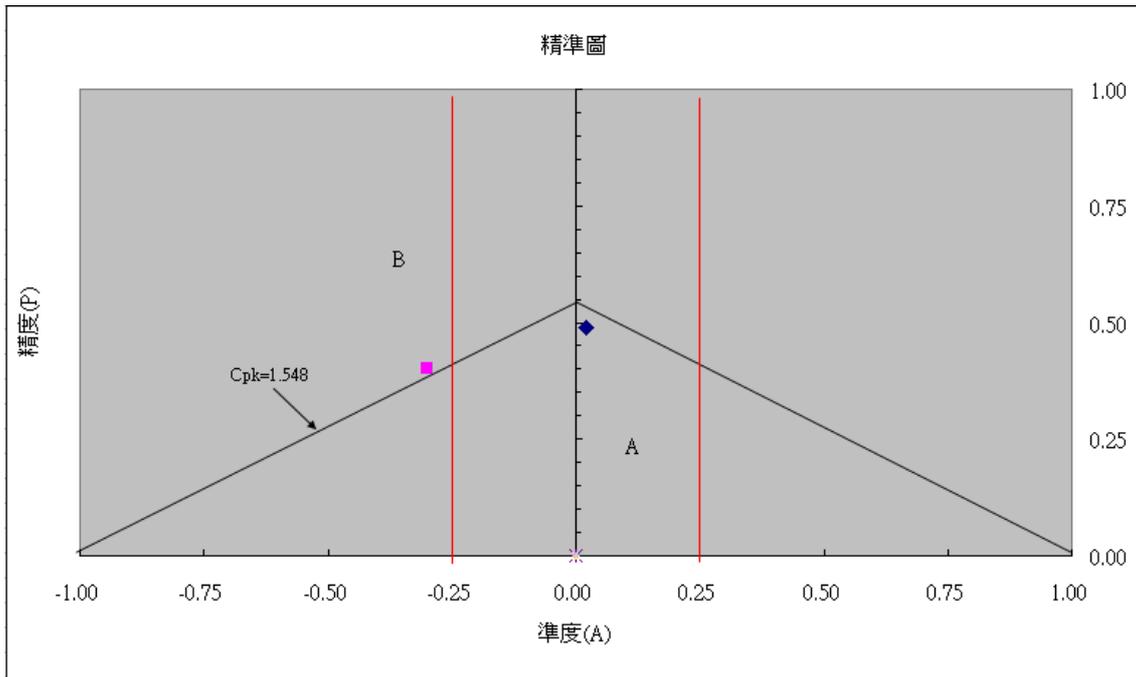


圖 22 靈芝多醣飲品品質特性製程能力分析圖

4.3.1 小結

以圖22之各落點來判讀個別品質特性之製程能力，其中A代表異黃酮、B代表SOD、其中A、B之兩落點皆落在 $Cpk=1.548$ 等高線的下方，且位於製程偏移管制界限 $\pm 1/4$ 之準確度區間內，表示對於這兩點品質特性而言，其製程能力足夠，並達到 6σ 的水準。

在相對於靈芝多醣體之探討時，代表異黃酮之A是表現的最好的，在其容許公差內，其控制能力最好，也可以說在進行的異黃酮為較好。而在B點之中有落於品質界限之外，須把SOD之上下界目標作為調整；使得SOD的公差值可以落於管制界限之中。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究是以靈芝大豆發酵液多醣體目標值製程為實驗對象，運用六標準差之DMAIC改善步驟，將製程流程化，結合田口實驗設計及ANOVA分析，以有系統的方法來找出影響多醣體之關鍵因子，進行實證實驗，推定最適的條件，提升多醣體的產出量符合客戶需求，結合管理層面與技術層面，提供一個改善多醣體產出量能力的模式，供實務上之應用參考。

定義階段：

依據國內某生物科技廠所提供之技術資料，及實際狀況歸納整理，希望多醣體產出量愈多愈好，故為望大特性之關鍵品質特性，並訂定製程能力指標CPK值為改善目標。

量測階段：

為了避免量測變異對品質特性水準造成重大影響，並確認製程中之量測系統的能力是可被接受的，現況製程能力指標CPK值分析。

分析階段：

經由相關文獻探討及廠家與生物科技工程師討論後，對於可能影響多醣體製程的因子進行解析，並在此階段導入田口品質工程之參數設計，選擇重要之控制因子與配置直交表。

改善階段：

進行實証實驗，運用田口實驗設計中望大特性SN比定義，以及ANOVA來進行最適條件之推定，再經確認實驗後之結果皆落於95%之信賴區間，驗證由資料分析後所選定的顯著因子和最佳水準的設定是很恰當的。再對確認實

驗之回應值進行。

本研究以國內某生物科技產業為例，以期望找出使多醣體產量增加之模式。找出在多醣體加工製程時最佳化的實驗水準組合為：接種量修正為6%、溶氧量修正為90%、溫度設為30°C，可以生產出符合滿意水準的最適參數，而減少額外成本浪費，改善良好的製程。

控制階段：

製程能力計算，確認製程能力之提升。改變因子組合，並根據修改後之因子組合，並持續觀察紀錄，並運用製程能力分析圖加以監控。

本研究改善成果，製程能力 C_{PK} 值由原來的0.48提昇到1.41，證明本研究建立之改善製程能力的模式能有效提升靈芝多醣產出量之品質。

在相同固定因子下，製程改善前靈芝多醣體產出量為 2.59-4.56 g/kg，而改善後其產出量為 4.46-4.63 g/kg，所以依此製程可提升產靈芝多醣體產出量及穩定其產出率。

5.2 建議

未來之研究可將本論文之實驗架構或預測模式與最佳化模式應用於製程規劃和改善的工作，並結合理論分析與實際經驗，從事工廠線上實際生產的工作。

- 一、本研究結果證實運用田口方法探求靈芝屬 *Ganoderma lucidum* BCRC 36123 液體培養時最適醱酵條件，可提高靈芝菌絲體生成和靈芝多醣產量。類似探討流程未來可適用於其他目標菌種培養時，最適醱酵條件之探求。
- 二、後續研究可藉由靈芝之 β -glucosidase來活化大豆異黃酮，更利人體吸收。
- 三、可藉由乳酸益生菌發酵提升保健機能性，改善發酵液風味及乳酸防腐優點，無須經熱殺菌加工過程，以保有高度酵素活性，提升其抗氧化DPPH 評估的 IC_{50} 數值。
- 四、後續研究可藉由乳酸發酵過程中，利用乳酸及酵素水解靈芝多醣，細小化靈芝多醣分子以提升其消化吸收及拓展其產品應用性。

參考文獻

中文文獻：

1. 李凱博，2006，光纖探針成形理論模型建立並應用田口法改善其製程參數，國立台灣科技大學機械工程系，碩士論文。
2. 高玉榮、孫文紅，2008，“靈芝液體深層發酵豆乳飲料的研製”，中國食品學報，第8卷第1期，P.44-48。
3. 高馥君，2004，機能性豆腐製成之開發與研究，國立台灣大學農業化學研究所，博士論文。
4. 林佩璇，2006，糖類之添加對乳酸菌胞外多醣生成之研究，文化大學生活應用科學研究所，碩士論文。
5. 許俐菱，2004，以豆科為基質之靈芝液態培養物之水溶性多醣特徵，國立台灣大學食品科技研究所，碩士論文。
6. 張明堯，2001，液態培養生產靈芝菌絲體與靈芝多醣最適化之研究，國立台灣海洋大學食品科學研究所，碩士論文。
7. 莫博欽，2008，凝孢乳酸菌最適化培養條件探討，南台科技大學生物科技系，碩士論文。
8. 孫翠雲，2006，黃白木耳發酵黃豆奶及黑豆奶組成分變化、抗氧化性及抗致突變性之探討，中興大學食品暨應用生物科技學系，碩士論文。
9. 陳冠宏，2004，機械加工機少量多樣生產模式之工作站與產品製程能力分析，國立勤益科技大學工業工程與管理系，碩士論文。
10. 施耀翔，2009，臭氧與添加物攔柵技術應用於豆乾品質改善之研究，中國文化大學生活應用科學研究所，碩士論文。
11. 陳文鈴，2009，從日本市場之優酪乳篩選抗食品中毒致病菌之乳酸菌，大同大學生物工程研究所，碩士論文。
12. 潘志學，2003，甘藷片最適加工條件探討，屏東科技大學食品科學系，碩士論

- 文。
13. 楊翔筑，2005，以豆類為基質培養靈芝及巴西洋菇對其發酵產品中異黃酮含量、酵素活性變化及抗氧化能力之探討，國立中興大學食品科學系，碩士論文。
 14. 盧當文，2004，乳酸菌的活性對於其在 Caco-2 與 HT-29 細胞株黏附的影響，大同大學生物工程學系(所)，碩士論文。
 15. 歐陽良裕，2003，有關製程能力指標的貝氏估計與多品質特性之研究，淡江大學管理科學研究所，博士論文。
 16. 劉麗雲，2008，“巴西蘑菇子實體多醣體萃取”，中華生質能源學會會誌，第 27 卷第 1、2 期·P.23
 17. 謝采芸，2008，黏奧德蘑(Oudemansiella mucida)子實體及菌種田口法最適條件之抗氧化研究，南台科技大學生物科技系，碩士論文。
 18. 冀宏、趙黎明，2008，“靈芝發酵型解酒茶飲料的研製”，食品科學，第 29 卷第 10 期。P.714-717



英文文獻：

1. Baabitskaia VG, Shcherba VV, Puchkova TA, Smirnov DA. , 2005 , “Polysaccharides of *Ganoderma lucidum*: factors affecting their production”. Prikl Biokhim Mikrobiol. 41(2):194-199.
2. Boh B, Berovic M, Zhang J, Zhi-Bin L. , 2007 , Ganoderma lucidum and its pharmaceutically active compounds. *Biotechnol Annu. Rev.* 13:265-301.
3. Franke, A. A.; Hankin, J. H.; Yu, M. C.; Maskarinec, G.; Low, S. H.; Custer, L.J. Isoflavone levels in soy foods consumed by multiethnic populations in Singapore and Hawaii. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 977-986.
4. H. Kikuzaki, Y. Kawai and N. Nakatani: 1, 1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl radical-scavenging active compounds from greater cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.). *J. Nutr. Sci. Vitaminol. (Tokyo)*, 47(2): 167-171. (2001)
5. Hsieh C, Yang FC. 2004. Reusing soy residue for the solid-state fermentation of *Ganoderma lucidum*. *Bioresour Technol.* 91(1):105-109.
6. Harry M. and Schroeder R. , 2000 , “Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations.” New York, Doubleday.
7. Kawai R, Igarashi K, Samejima M. , 2006 , Gene cloning and heterologous expression of glycoside hydrolase family 55 beta-1,3-glucanase from the basidiomycete *Phanerochaete chrysosporium*. *Biotechnol Lett.* 28(6):365-371.
8. Kim HM, Park MK, Yun JW. , 2006 , Culture pH affectsexopolysaccharide production in submerged mycelial culture of *Ganoderma lucidum*. *Appl Biochem Biotechnol.* 134(3):249-262.
9. Kim HM, Paik SY, Ra KS, Koo KB, Yun JW, Choi JW. , 2006 , Enhanced production of exopolysaccharides by fed-batch culture of *Ganoderma resinaceum* DG-6556. *J. Microbiol.* 44(2):233-242.
10. Miura T, Yuan L, Sun B, Fujii H, Yoshida M, Wakame K, Kosuna K. , 2002 , Isoflavone aglycon produced by culture of soybean extracts with basidiomycetes

and its anti-angiogenic activity. *Biosci Biotechnol Biochem.* 66(12):2626-2631.

11. McCue, P., & Shetty, K. , 2003 , Role of carbohydrate-claving enzyme phenolic antioxidant mobilization from whole soybean fermented with *Rhizopus oligosporus*. *Food Biotechnology*, 17, 27-37.
12. Pande PS, Neuman RP, Cavanagh RR , 2000 , The Six Sigma Way. New York, McGraw-Hill.
13. Patel MA, Ou MS, Harbrucker R, Aldrich HC, Buszko ML, Ingram LO, Shanmugam KT. , 2006 , Isolation and characterization of acid-tolerant, thermophilic bacteria for effective fermentation of biomass-derived sugars to lactic acid. *Appl Environ Microbiol.* 72(5):3228-3235.
14. Richard J. Mayer, and Dewitte, P.S. , 1994 , “IDEF Family of Method for Concurrent Engineering and Business Re-engineering Application”, Texas: Knowledge Base System Inc.
15. Yang HL, Wu TX, Zhang KC. , 2004 , Enhancement of mycelial growth and polysaccharide production in *Ganoderma lucidum* (the Chinese medicinal fungus, 'Lingzhi') by the addition of ethanol. *Biotechnol Lett.* 26(10):841-844.

附錄一：作者簡歷

<p style="text-align: center;">廖 文 丕</p>	<p>手 機: 0933-474989 E-mail: fc.fc@msa.hinet.net</p>
<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="flex: 1;"> <p>專長領域:</p> <p>生技產品研發 專案管理 市場行銷</p> </div> </div>	<p>學歷:</p> <p>1982 年南投縣竹山鎮竹山國小畢業 1985 年南投縣竹山鎮延和國中第 15 屆畢業 1988 年南投縣竹山鎮竹山高中第 22 屆畢業 1996 年東海大學企管系畢業東海大學企管系畢業 2010 年國立勤益科技大學 研發科技與資訊管理研究所碩士畢業</p>

個人簡介

廖文丕 (LIAO WEN PI)

我出生在南投縣竹山鎮純樸農村鄉下，父親經商，他白手起家於西元 1974 年成立芳泉飲料工廠從事飲料製造，在小時後記憶中，父母親為了我們一家人及公司，從早忙到半夜，刻苦耐勞地勤奮工作，真的是五、六十年代台灣人打拼精神，台灣也是這年代打拼起來的，也奠定了金芳泉生物科技有限公司的基礎，除公司事務外，他也回饋鄉里及社會服務，近年他從南投縣少年榮譽觀護人協會理事長卸任後，就在法院當志工，目前也是幾個協會的理事長。母親是一位儉樸又勤勞的父親好助手，她在社區中也相當活耀，鎮上或社區有活動都會邀請她們表演，她也當任家政班的班長，所以家中常會有新的美味可品嚐。老婆在國小當校護，小孩的教育重責大部分由她承擔，目前育有一女一男，均在國小階段。

社團參與及經歷

1995 年 ◎東海大學學生自治議會企管系議員

1999 年 ◎竹山鎮青工會會長

2001 年 ◎國民黨南投縣第十一屆委員會評議委員

◎軍管區司令部後備幹部訓練班 356 期結訓

◎行政院青輔會南投縣鹿谷鄉創業青年榮譽輔導員

◎國民黨第十六次全國代表大會代表

2002 年 ◎南投縣青工會副總會長

2003 年 ◎南投縣青工會總會長

2004 年 ◎第六屆立法委員候選人吳敦義競選總部青年志工總隊長

2005 年 ◎第十五屆南投縣長候選人李朝卿竹山鎮競選服務處青年後

援會總幹事

◎南投縣竹山高中校友會理事

◎國民黨第十七次全國代表大會代表

2007 年 ◎第七屆立法委員候選人吳敦義競選總部副主任委員

◎第七屆立法委員候選人林明溱竹山鎮競選服務處副總幹事

◎南投縣竹山高中校友文教基金會董事

◎南投縣民眾服務社第十七屆理事

2008 年 ◎第十二任總統副總統全國中小企業挺馬蕭後援會祕書長

◎第十二任總統副總統馬蕭競選總部青年組南投縣副招集人

◎第十二任總統副總統竹山鎮競選服務處青年後援會會長

2009 年 ◎國民黨第十八次全國代表大會代表

◎第十六屆南投縣長候選人李朝卿竹山鎮競選服務處青年
後援會會長

論文發表

- 一、廖文丕、林立凱、林慶豐、連婉婷、曾雅秀，以大豆為基質之靈芝乳酸發
酵液之功能性評估。台灣食品科技學會第 39 次年會 2009/11/27。

工作經歷

金芳泉生物科技有限公司

職務:總經理

