

南華大學企業管理學系管理科學博士論文

A DISSERTATION FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY

Ph.D. PROGRAM IN MANAGEMENT SCIENCES

DEPARTMENT OF BUSINESS ADMINISTRATION

NANHUA UNIVERSITY

遏止重視效期食品廠商添加有害健康物質之模型分析

Model Designed to Penalize Food Adulteration by  
Companies Manipulating Expiration Dates

指導教授：陳 淼 勝 博士

ADVISOR : MIAO-SHENG CHEN Ph.D.

研究生：林 靜 宜

GRADUATE STUDENT : CHING-YI LIN

中 華 民 國 1 0 5 年 6 月

南 華 大 學

企業管理學系管理科學博士班

博 士 學 位 論 文

遏止重視效期食品廠商添加有害健康物質之模式分析

研究生：林靜宜

經考試合格特此證明

口試委員：

林秉昇

陳燕慶

陳海峰

賴奎魁

張春桃

指導教授：

陳燕慶

系主任：

褚震清

口試日期：中華民國 105 年 6 月 1 日

## 誌謝

終於寫到誌謝詞的這一刻，意味著研究所生涯即將告一段落，回首剛踏入校園準備進修時的期待，以及現在收成的喜悅，這一切都要感謝許多人對我的提攜與幫助。

研究期間，最要感謝的人是我的指導教授陳焱勝博士，每每在我渾沌之際不吝指點迷津、不時指點正確的研究方向，使我獲益匪淺，由於陳教授悉心的教導使得這份研究能一點一滴的堆砌成今日的成果。而陳教授對學問嚴謹的態度，更是我輩學習的典範，亦是促使整體研究動力的來源。還有師母的慈祥和藹及關懷備至，是我在博士學位考試時最大的精神支柱。再來要感謝林耀東教授及溫坤禮教授，在你們專業指導下開啟學生對學術的研究興趣，也讓本論文在數學模式及論文結構上更加完備，得以順利完成，在此致上最高的敬意。我亦需感謝系上諸位教授在專業知識上的傳授及各位口試委員—林進財教授、陳海鳴教授、賴奎魁教授、張春桃教授、褚麗絹教授、黃國忠教授、郭東昇教授及袁淑芳教授，在口試時對於我的指導，使論文更臻完備。

求學研究的這段日子裡，感謝怡君學姐、健男學長、武隆學長及眾位學長姐、同學及學弟妹的共同砥礪，你們的陪伴讓這些年的研究生活變得絢麗多彩。另外亦得感謝我的同事大力協助，因為有你們的體諒及幫忙，才使得本論文能夠更完整而嚴謹。還有要感謝許多曾經幫助過我的朋友，因為有大家的幫忙，我才能有今日的成果。

最後感謝我最摯愛的家人們，這段時間因為你們的體諒、默默相隨及鼓勵，讓我沒有後顧之憂，才能專心順利完成此論文。

林靜宜 謹誌於

南華大學企業管理學系管理科學博士班

# 南華大學企業管理學系管理科學博士班

## 104 學年度第 2 學期博士論文摘要

論文題目：遏止重視效期食品廠商添加有害健康物質之模式分析

研究生：林靜宜

指導教授：陳森勝博士

### 論文摘要

消費者對於食品安全問題的認知及認知後所表現的消費態度，對食品產銷企業及政府機構的食安政策制定的選擇皆會產生深刻影響。食品安全問題的研究可分為市場需求與法規制度兩個方面。其中市場需求面的主要決策者為在食品市場上決定是否購貨之消費者；他們對食品安全的認知左右整個食品供應鏈的行程途徑。而法規制度面則是從政府衛生機構的立場考量，應如何進行食安相關法規制度的建立與修正。本研究以食品效期是如何影響消費者每次購買量作為研究的起點。其次是，站在食品廠商的立場，不考慮食品含違法添加物情況下，構建利潤最大化之新鮮性產品的存貨模式。最後是，在新鮮性產品存貨模式中，增加政府衛生單位進行衛生稽查相關因素；分析食品廠商為延長食品效期、反應稽查而添加非法食品添加物行為；使政府衛生單位得到稽查食品安全的最佳解。

**關鍵詞：**消費者行為、食品效期、最佳化、食品添加物

Title of Dissertation :

Model Designed to Penalize Food Adulteration by Companies Manipulating Expiration Dates

Department :

Ph.D. Program in Management Sciences, Department of Business Administration, Nanhua University

Graduate Date : June 2016

Degree Conferred : Ph.D.

Name of Student : Ching-Yi Lin

Advisor : Miao-Sheng Chen Ph.D.

## **Abstract**

Government health institutions and food Enterprises for food safety policy making have been remarkably affected not only by consumer's awareness toward food safety problem but also consumer behavior presented after consumer awareness. Food safety issue studies can be divided into two aspects, one is marketing demand and the other one is law/regulation. Main decision maker for marketing demand aspect is consumers whose decide to purchase. In addition, food supply chain development is also influenced by consumer's food safety awareness. However, law and regulation is considered from government health institution's point of view to legislate and revise suitable foods safety law and regulation. This study starts with the aspect that how consumer's purchasing quantities is influenced by food expiry date. Then profit maximizing inventory model of freshness product is able to be constructed from food enterprise's point of view without considering product contained illegal additives. Eventually, food enterprises' behavior of adding illegal additives in order to extend food expiry date and against sanitary inspection can be analyzed by increasing the condition of sanitary inspection of government health institutions within inventory model of freshness product. As the result, the government health institution is able to gain best solution of auditing food safety.

**Keywords :**

**Consumer Behavior, Food Expiry Date, Optimization, Food Additives**

## 數學式編碼符號說明

本文各章節數學式之編排次序將用 3 個序號加小括號表達。其中小括號內第 1 序號，表示該數學式所在位置之章數的編碼；第 2 序號，表示該數學式所在位置之節數的編碼；第 3 序號，表示該數學式所在位置之節數出現先後的順序。其中章節及小節之間的編碼關係是用「.」橫縱連結之，例如編碼(3.2.1)。



## 推論編碼說明

推論標號將用 2 個序號表示。其中第 1 個序號表示該推論被展示內容的章數；第 2 個序號表示該推論位於該章推論之順序號，例如編碼【推論 4.1】。



# 目 錄

論文摘要 .....	I
ABSTRACT .....	II
數學式編碼符號說明 .....	III
推論編碼說明 .....	IV
目 錄 .....	V
圖目錄 .....	VII
第一章 緒論 .....	1
1.1 問題背景 .....	1
1.2 研究目的 .....	5
1.3 研究架構 .....	7
第二章 文獻探討 .....	9
2.1 產品有效使用期限影響消費者購買意願之存貨模式之相關 文獻 .....	9
2.2 遏止廠商添加使消費者誤判效期之有害健康物質的模式分 析之相關文獻 .....	11
第三章 產品有效使用期限影響消費者購買意願之存貨模式 .....	15



3.1	本章問題背景 .....	15
3.2	本章符號與假設 .....	16
3.3	數學模式 .....	19
3.4	最佳解的敏感度分析 .....	23
3.5	本章結論 .....	26
<b>第四章 遏止食品廠商添加使消費者誤判效期之有害健康物質的模</b>		
	<b>式分析 .....</b>	<b>28</b>
4.1	本章問題背景 .....	28
4.2	本章模式符號及假設條件 .....	29
4.3	數學模式 .....	34
4.4	最佳解的敏感度分析 .....	40
4.5	本章結論 .....	45
<b>第五章 結論與建議 .....</b>		<b>47</b>
5.1	結論 .....	47
5.2	建議 .....	49
參考文獻 .....		51

## 圖目錄

圖 1.1 研究架構圖 .....	8
圖 3.1 情況 1 之最佳存貨週期 $T^*$ .....	22
圖 3.2 情況 2 之最佳存貨週期 $T^*$ .....	22
圖 4.1 給定 $\theta$ 值,(4.3.5)最佳解 $T_{\theta^*}$ 的位置.....	38
圖 4.2 當(4.4.3)式之 $T$ 的二次多項式之判別式 $\geq 0$ 的 $F_{\theta}(T)$ 的圖形.....	42
圖 4.3 求 $\bar{\theta}$ 的過程 .....	43



# 第一章 緒論

食品安全問題的學術研究約可分為兩方面，分別為食品市場需求面與食品安全法規制度面。其中市場需求面的主要決策者是食品市場上決定是否購貨的消費者；他們對於食品安全的認知及對食品安全現況的反應，決定了整個食品產銷供應鏈的態樣。食品安全的法規制度面則是探討政府衛生單位應如何維護食品安全的立場及策略，它包括食品安全相關法規的建立與修正方向。本研究欲將食品安全的部分議題：廠商在追求單位時間利潤最大化的情況下，是如何延長食品效期添加有害身體健康的物質之問題，製作成可具體討論的數學模式。其目的在於瞭解食品產銷企業添加非法食品添加物的行為反應動機，以使政府衛生單位得依此食品產銷企業的反應動機來規劃其食品安全監測的相關措施。

## 1.1 問題背景

國內外對食品經銷商的定義及範圍多有不同，隨著生活水準的提升及飲食需求的改變，各種零食及小吃類食品已經由過去的奢侈性消費變成目前的經常性的消費。根據經濟部，2011年公布之工業產品分類，各種零食及小吃類食品可以細分為(1)糖果製造業：亦即以蔗糖、果糖、麥芽糖、穀類、乾果、香料及食用色素為原料，製造各種中西式糖果的行業。(2)烘焙炊蒸食品製造業：凡是炊蒸食品製造之行業皆屬於此一範圍(例如麵包、蛋糕、餅乾、年糕、蘿蔔糕及米果等)。近幾年來西式蛋糕搭配咖啡的飲食文化蔚為風潮，國外連鎖咖啡店及國內自有品牌崛起，進而帶動糕點產品之需求。在2002年加入WTO(World Trade Organization)後，關稅大幅調降，國外休閒食品紛紛引進，並且在便利

商店通路紛紛銷售各式麵包及點心，促使整體各種零食及小吃類食品市場持續成長。

近年來多數研究發現，網路購物的風行，物流服務的提升，降低食品經銷商進入市場的門檻，以彌補企業在資金與設備上的不足。網路的普及化和完整的食品產業供應鏈服務，使消費者選購各種零食及小吃類食品時受限於時間及空間的因素降低。因此在市場競爭激烈與消費者意識抬頭，食品產銷企業正視的問題是：1.如何使消費者更容易接觸及搜尋產品資訊；2.如何使消費者能更便利的購買產品及使用產品。企業面臨上述問題而增進交易效率的方式，如增設實體及虛擬店面、送貨到府、點對點購(取)貨、提供線上金流交易及直接或間接吸收消費者部分的交易成本等方式，促使潛在消費者能夠轉化成實際的需求者。而消費者購買決策是指消費者評價某一商品的屬性進而產生選擇及購買，為能滿足某一特定需要的過程。Blackwell, Miniard and Engel(2001)指出消費者在取得、消費與處置產品或是勞務時，所涉及的各项活動，並且包括這些行之前與之後所發生的決策在內。Wells and Prensky(1996)則認為消費者在交換產品與服務過程，這些產品於服務具有滿足其需求價值，包括搜尋、購買、使用、評估與處理這些產品與服務的一切活動。Kotler(2003)則認為，購買決策是消費者受到外在因素來源(行銷活動與環境)所刺激，經過消費者黑箱(消費者特徵、決策程序)處理之後產生購買的決策。

在開放市場下，企業競爭趨烈與顧客導向的市場方針及消費者意識高漲，食品廠商需決定最佳投資策略以增進交易效率，以提升消費者購買產品意願。而企業需要投入資源於那些影響消費者購買效率的因素中，以增進交易效率，使消費者採取購買產品的行為，成為必須面對的問題。

在過去對交易成本的研究中，由 Coase(1937)提出，是指完成一筆交易時，交易雙方在買賣前中後所產生的各種與此交易相關的費用。Williamson(1985)認為，在專業分工與交換之經濟體制下，價格運作會產生事前成本(如搜尋資訊、契約協商和簽訂之成本)和事後成本(監督契約執行之成本)，並將事前成本與事後成本統稱為交易成本。今日的消費者面對市場上數量極其眾多的產品，不同之品牌、價格、付款方式、經銷商及通路商間，消費者會如何從事購買與選擇行為。Liang and Huang(1998)指出消費者在面對產品屬性或價格相近時，消費者會選擇需要付出較低交易成本之供應商購買。Chiang(2003) and Kotler(2003)皆提出消費者會去評估不同經銷商間，何者能提供最具價值(或最少成本)的交易方式。因此可以得知交易成本是影響消費者是否採取購買行為的重要因素。而目前食品廠商面臨的問題，是必須找出最佳促進交易效率的手段及方式，但是檢視過去學者相關研究，並未提供有效解決方法或模式，也促成本文問題概念之想法應用(Chang and Chen 2008)。

近年來台灣的食品安全問題頻傳，傳統食品大廠所生產的食品也有食品安全問題。在民眾對食品的安全性普遍產生疑慮的情況下，理應扮演食品安全把關角色的政府衛生單位及其授權相關認證機制卻也同時頻頻失靈。食品安全問題已不僅對消費者個體產生傷害，更讓個人與社會負擔更多的額外成本，進而對食品產銷企業造成衝擊，導致經濟生產力的下降。隨著社會的進步、國家經濟的發展及人民生活品質的提升，食品產銷企業已成為重要的民生產業。但近年來台灣的食品安全問題頻傳，例如從 2011 年起的塑化劑事件、過期原料重新販售事件；2013 的年毒澱粉事件、胖達人香精麵包事件、大統黑心油事件；2014 的鼎王麻辣鍋湯頭事件、肉類注保水劑增重事件、餽水油混充食用油事件；到 2015

的年飼料用雞血製鴨血事件、手搖飲料店殘留農藥事件，其中不乏知名食品產銷企業涉入製造上述食品安全問題，造成消費者人心惶惶。

多數工業化國家之消費者也越來越關心與消費者飲食有關的健康問題 (Smed and Jensen, 2005)。依據 Smith and Riethmuller(1999)針對日本及澳洲消費者調查發現，消費者對於食品品質的擔心包括下列幾點：細菌污染、化學物質殘留、輻射性食品、抗生素的使用。台灣民眾對食品安全期待被保護及保證的心情，反映在 2014 九合一選舉或是 2016 年總統及立委大選上，所有民意代表候選人於政見發表中，幾乎不約而同提到「食品安全對策」即可得知。為重建民眾對食品安全信心，恢復食品產業商譽，行政院於 2014 年 9 月 17 日宣布八項食品安全措施，分別為：加重刑責罰金、提高檢舉獎金、中央檢舉專線、油品分流管制、廢油回收管理、落實三級品管、食品追溯追蹤及食品 GMP 改革等。透過上述多管齊下的政策管控，期待能建構政府、食品產銷企業及民眾的三方互相支援的防範措施。行政院於 2015 年 11 月 18 日三讀通過食品安全衛生管理法部分條文修正案，成立跨部會之食品安全會報、食品產銷企業管理、提高刑責及罰金等，從各方面加以整合於以加強，旨在提升食品安全管理效能，保障國人健康及消費權益。由上述可知，食品安全議題深受產官學界及社會大眾的注意與重視。

過去專家學者研究多注重在消費者行為的分析上，研究的內容偏重於消費者對現有食品資訊的掌握等行為方向，並未考慮政府衛生單位應如何有效遏止不肖食品廠商，違反食品安全規定等問題上。雖然強化食品安全手段之一就是直接加重違反食品安全法者刑責與罰金，惟政府行政手段不能超越已完成的食品安全法，其對食品安全法執行所需的經費，

又與當年度行政預算有關；如何在有限的預算中達到最大的遏止違反食品安全法之食品產銷企業行為，實為值得研究的課題。故本研究欲分析食品廠商為延長食品效期，添加非法食品添加物的行為模式，使政府衛生單位得依此規劃相關措施，來得到解決食品安全問題的最佳解。

## 1.2 研究目的

Chen and Lin(2016)意圖從食品經銷商的立場，探討如何制定最佳促進交易。它是以交易成本理論為基礎，根據過去的買賣記錄，建構交易成本衡量方式。經由問卷調查的結果，分析各交易成本因素對消費者購買行為的影響；並以軟性計算的數學方式，得到各交易成本因素間關係，進而得知各決策階段交易成本的權重。再經灰色關聯分析就可得到食品供應通路設計依據。研究顯示，促進食品交易因素重要性，依序是第一為產品的標準化程度，第二為產品效期，第三為技術複雜度，第四為通路取得難易程度。上述研究使我們瞭解，在促進消費者購買效率方面，食品效期確實是一項不可忽略的因素。本文關心的乃屬食安公共議題；而上述之產品標準化，與公安無關。因此影響交易效率的第二因素：食品效期，自然成為本文欲進一步研究的議題。

由於產品製造者與產品消費者對於產品食用或使用之安全性評估的資訊不對稱，消費者往往只能憑藉自己對產品的潛在需求，以及產品的製造日期與有效使用的截止日期，間接推估需求量。雖然現有存貨數學模式甚多，但研究這些探討存貨模式的文獻可發現，其內容皆係根據存貨決策者，所面臨之決策環境不同而建立，其目的則為擴充生產或存貨理論之適用場合而設。其論文約可分為兩類：第一類是具隨機需求且銷售時間為未來某一時點之報童問題(Newsboy Problem)和第二類是被稱

為「退化性」產品；其所謂退化性(Deteriorate)產品乃指產品數量會隨時間經過而減少，例如汽油等具揮發性產品。但上述二類存貨研究，對於本文所探討之「具新鮮性產品」，目前尚無適切的數學模式及具體的研究結果，可為決策者完整解決其生產與存貨問題。故本文研究目的有四，前兩目的分別是：

1. 建構具新鮮效性的產品生產及存貨問題。
2. 瞭解食品有效被使用期限與消費者單次購買數量關係，並將其製成可具體討論的數學模式。

當食品安全問題損害社會經濟發展及造成人民不安，政府衛生單位應積極思索如何有效遏止食品廠商添加危害健康之物質時，會發現下列問題：若政府衛生單位對食品的監測抽查採全面檢驗方式，成效最佳，卻不符經濟效益；若抽查方式改採隨機抽驗則將造成不肖食品產銷企業認為有機可乘，甘冒風險而違法。故本研究目的在於依據交易成本理論為基礎探討影響消費者交易效率的因素，再探討具新鮮效性的產品存貨問題。藉此存貨模式，增加政府衛生單位進行監測抽查時的相關因素，以分析食品廠商添加非法食品添加物的反應動機，使政府衛生單位得依此規劃相關措施，得到解決食品安全問題的最佳解。故本文的後兩個研究目的是：

3. 分析食品廠商添加非法食品添加物的反應動機及消費者單次購買數量數學模式。
4. 規劃政府衛生單位得在有限的行政資源中，執行較為有效的監測抽查措施，以得到解決食品安全問題的最佳解。



### 1.3 研究架構

本研究是先站在食品廠商利潤最大立場，將消費者反應效期之購買行為製作成存貨模式；然後站在政府衛生單位立場，得到稽核食品安全問題的最佳解。其內容共分成五個章別，分述如下：

第一章 緒論：綜論本研究的研究背景、研究問題的背景與目的、研究限制與假設、研究流程的架構及論文結構。

第二章 文獻探討：蒐集並彙整諸學者對消費者行為、食品安全、有害健康之食品添加物等理論，進而探討食品供應商對通路選擇的因素分析。

第三章 瞭解食品有效被使用期限，是如何影響消費者購買意願之存貨模式。其內容包含，產品有效期限影響消費者的問題背景；如何將問題之相關因素製作成可具體討論的數學模式；如何尋求樣式最佳解及如何獲得最佳解的敏感度分析。

第四章 站在食品廠商立場，將消費者購買行為製作成可具體討論的數學模式，進而使政府衛生單位得依此規劃相關措施，有效遏止食品廠商為延長食品有效期限，添加有害健康物質的食品安全問題。

第五章 綜合本論文各章內容，並展示各章研究成果。

本論文研究流程的架構大致如圖 1.1 所示。

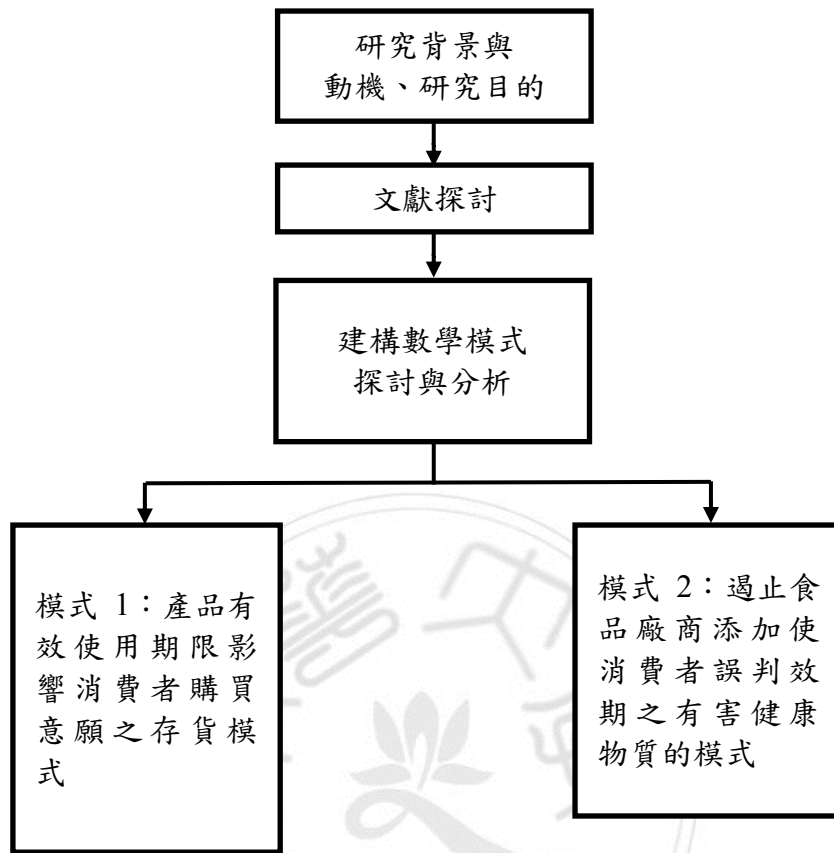


圖 1.1 研究架構圖

資料來源：本研究整理

## 第二章 文獻探討

本論文是綜合將在學術期刊發表之二篇論文內容而成。此二篇期刊論文的題目分別如下：1)產品有效使用期限影響消費者購買意願之存貨模式；2)遏止食品廠商產銷企業添加使消費者誤判效期之有害健康物質的模式分析。因此本論文之文獻探討也將分別針對上述二篇期刊論文之相關文獻，依序陳述。

### 2.1 產品有效使用期限影響消費者購買意願之存貨模式之相關文獻

產品的新鮮度是影響產品的消費效用(Sen and Block, 2009)的不可忽略因素。例如食品、藥品(尤其是疫苗)、花卉等產品會影響消費者的安全健康；或是水泥會隨時間產生顆粒、鋼筋會隨時間產生鏽蝕等產品皆具此一特性。由於產品製造者與產品消費者對於產品食用或使用之安全性評估的資訊不對稱，消費者往往只能憑藉自己對產品的潛在需求，以及產品的製造日期與有效使用的截止日期，間接衡量在當時價格下購買產品之最適購買量(Arkes and Blumer, 1985； Tsiros and Heilman, 2005)。

若產品價格給定，產品存貨決策者須決定每次進貨批量或決定連續生產某一段時間之生產量，使其單位時間利潤最大時；則他必須將上述消費群體之需求分布及其如何反應存貨策略之購買行為(真實需求)等因果關係製作成可具體討論的型態。其中，消費者如何反應產品品質是因，生產存貨決策如何「對因下藥」是果。雖然現有存貨數學模式為數甚多，但瀏覽這些探討存貨模式的文獻可以發現，其內容皆係根據存貨決策者，

所面臨之決策環境不同而建立，其目的則為擴充生產或存貨理論之適用場合而設。惟截至目前為止尚未有將具新鮮度產品帶入數學模式而作「適切」的討論者。

上述所謂探討的「適切」乃是針對以新鮮性為名之產品的存貨模式是否合宜而言。這方面的文獻約可分為兩類：第一類是具隨機需求且銷售時間為未來某一時點之報童問題(Newsboy Problem)，其所謂新鮮性產品只用來解釋產品性質如同報紙般具有時效性逾期即作廢時，該貨品之訂購量應如何每天決定之狀況(Anvari, 1987； Chung, 1990； Chen and Chuang, 2000； Douillet & Rabenasolo, 2008； Shih, 1973； Haji and Darabi, 2010)。第二類是被稱為「退化性」產品；其所謂退化性(Deteriorate)產品乃指產品數量會隨時間經過而減少，例如汽油等具揮發性產品。這類的存貨模式很多，最佳解的數學推理亦很嚴謹(Chung & Lin, 2011； Dye & Chang, 2007； Dye, Ouyang & Hsieh, 2007； Ouyang Yang & Yen, 2009； Yu, 2010)。但上述二類存貨研究，對於本文所探討之具新鮮性產品，目前尚無適切的數學模式及具體的研究結果，可為決策者完整解決其生產與存貨問題。

因此，本文探討之新鮮性存貨模式可以稱為第三類(有別於上述第一類與第二類存貨問題)，其差異如下：(1)第一類與第三類存貨模式應用場合有別(新鮮性產品新鮮程度衡量之連續指標，非以有效與無效二分法劃分)。本文所探討新鮮性產品之生產存貨問題其應用領域大於第一類存貨模式。因無論是食品或藥品皆被立法要求須標示製造日期及有效使用日期，故大部分的消費者於採購時皆會注意此資訊，因此任何食品與藥品的存貨決策者皆須重視此重要資訊對其最佳存貨政策的影響。(2)第二

類與第三類存貨模式在任一時點產品存量計算有別。第二類存貨模式之產品在任一時點之產品數量，會因退化而減少(通常假設產品減少量與當時產品存量成固定比率，亦即假設退化率為常數)；本文第三類存貨模式則假設任一時點之產品數量並未減少，而是假設產品會隨時間經過產生質變。這質變對產品效用專業資訊不足的消費者而言，只能依據產品距離食用或有效使用時間做判斷。在價格不變下，此種認知確會影響消費者，是否拒絕購買該項產品及預期購買數量。

本文將具新鮮度之產品的購買(或生產)存貨問題，製作成一個可具體討論的數學模式，發現最佳解性質，以及解釋最佳解敏感度分析的意義，則為本文的主要研究結果。

## 2.2 遏止廠商添加使消費者誤判效期之有害健康物質的模式分析之相關文獻

近年來台灣所發生的食品安全問題，多為廠商在食品中，添加有害健康的添加物，以延長食品效期；或食品實際成分與包裝上標示成分不符，使消費者誤信物超所值而願以較高的價格購買標示不實食品，以牟取超額利益；目前食品的安全問題約可分成下列幾類：

1. 添加物用以改善劣質原料為目的劃分：食品產銷企業在食品製造或儲存過程中，添加了非法成份或以劣質品冒充優質品之不正當的作為。前者包括：廠商為使劣質奶粉通過蛋白質含量檢測，加入三聚氰胺；後者為降低食品成本及提高食品穩定性，以塑化劑取代棕櫚油所製造成起雲劑，及廠商將餵豬的下腳料加工除臭，製成毒澱粉或者糯米毒粉後，冒稱是進口高價糯米粉高價出售給食品加工業

者。

2. 添加物用以延長使用效期為目的劃分：若以廠商在食品本身成份外另行加工的用意區分，則約可分為兩類。一類是廠商為延長食品可被食用的效期而添加如防腐劑等非法成份。此類之非法延長食品效期又可細分為，在食品直接添加非法成份，及在食品包裝或儲存過程中實施有礙健康食品加工行為兩小類。例如，為讓蘿蔔乾可以存放更久，添加工業用防腐劑甲醛；及讓豆干看起來更漂亮，並延長其效期而添加過多的防腐劑(如：苯甲酸)。另一類則是廠商以同類劣質品，充當優質品以標示不實方式欺騙消費者，誘導消費者願付更高買價之欺騙行為。例如，以低價的棕櫚油或棉籽油為食材，利用銅葉綠素調色成假橄欖油等；或以越南茶(米)混充台灣茶(米)等。
3. 添加物用以成本獲利為目的劃分：若以廠商在食品添加非法成份或作為對消費者健康考慮，則又可分為兩類。一類為其添加物對人類健康有影響。例如，為縮短食品製作時間，降低製造成本於醬油製程中添加鹽酸，經加熱產生單氯丙二醇化合物(3-MCPD)。利用低價的葵花油或棉籽油調製成高價油的假油事件，及在石斑魚中加入孔雀石綠，使魚看起來更新鮮更健康。另一類則是廠商在食品成分外添加的成分對健康無影響，例如：利用低價的棕櫚油混充高價調和油販售。食品添加物對健康有害類與食品添加物對健康無害類，兩者之廠商決策模式的平均成本計算基礎不同。前者之食品產銷企業在被政府衛生單位查獲其違法後，其已製作完成但尚未售出之食品須全數銷毀；而後者之食品則不必銷毀。

根據食品安全管理的相關文獻統計，其學術研究多偏重在於，食品安全管理的制度面、管制策略方向、及公私協力等問題，進而發現各國

政府對於食品安全管制的涉入程度並不相同(Martinez, M. G. & Fearn, A. & Caswell, J. A. & Henson, S., 2007)，如各國所規範食品安全之標的及焦點不同而相異(Henson & Caswell, 1999)。公私協力方面則是各國政府與食品廠商對食品安全合作的程度不同(Scholz, 1984； Henson & Caswell, 1999； Borzel & Risse, 2005； Wendler, 2008)，而造成其執行食品安全所採取的策略不同(Scholz, 1984； Scholz and Gray, 1997； Law, 2005)。又如 Henson and Caswell (1999) 將食品安全管制系統依照公私部門參與的程度不同，而分為直接管制(Direct Regulation)、食品責任(Product Liability)、自我管理(Self-regulation)、及認證(Certification)等屬性。他們也將食品安全管制的對象依政府介入程度的高低分類為：事前批准(Prior Approval)、詳細的明細單(Specification)、履行的成果(Performance)、對身體健康沒有危害(Target)、及提供資訊(Information)等，分別討論。

綜合上述文獻得知，食品添加物有以下功能：(1)降低生產成本：縮短食品製程時間、降低物料成本(膨脹劑、乳化劑、黏稠劑)(2)延長效期：預防食品氧化、防止食物腐壞(防腐劑、抗氧化劑、殺菌劑)(3)改善原物料性質：美化食品的外觀、香氣及口感(漂白劑、著色劑、香料、調味劑)(4)強化營養價值：營養添加劑(維生素E，葉酸)。針對上述食品安全問題，政府的因應之策即是一再修改相關法律。如讓食品安全之違法者的罰款提高，甚至須負刑責；又如政府要求食品廠逐一標示其食品添加物，將食品安全消費訴訟入法、食品安全基金會之設立等等作為皆屬之。食品安全風暴，大多是業者於食品加工鏈中，混入不可食用的工業原料，如台灣去年發生假油事件等。台灣行政院最近擬修食品安全法的內容包含：落實食品業者自主管理，明定各食品業者使用或販賣之食品原材料成份、

規範食品之半成品與成品的安全性，業者應自行檢驗或送其他實驗室檢驗，否則依規定處罰，這意味者政府應無法完全掌握食品安全，所以期望業者以自主管方式來共同監督或遏止不肖的食品產銷企業。

雖然探討食品安全法管理制度與執行的論文很多，但本模式將針對廠商添加，足使消費者誤判效期之有害健康物質的食品安全問題做討論。至於廠商添加足使消費者誤判食品品質(廠商偽裝食品品質使消費者願支付較高買價，例如：以棕櫚油混充高價調和油販售)之無害健康物質問題的研究，不在本模式討論之內。能將某食品安全問題製作成一個可具體討論的數學模式，發現最佳解性質，以及解釋最佳解敏感度分析的意義，則為本文的主要研究結果。



## 第三章 產品有效使用期限影響消費者購買意願之存貨模式

購買食品時，消費者除購買食品所需付出的價格外，尚包含取得食品所需付出的交易成本，故可被有效食用的時間長度，會影響消費者購買的需求量。本模式是針對食品在有效期使用期限內是如何影響消費者購買意願；進而如何影響廠商在利潤最大化下，最佳的存貨模式。發現最佳解性質，以及解釋最佳解敏感度分析的意義，則為本章的主要研究結果。

### 3.1 本章問題背景

幾乎所有的食品、藥品、花卉等產品的有效使用期限皆會影響其產品新鮮度，進而影響產品的消費效用，尤其是非常容易引起醫療糾紛的疫苗更是如此。由於產品製造者與產品消費者對於產品食用或使用之安全性評估的資訊不對稱，使得消費者往往只能憑藉自己對產品的潛在需求，以及產品的製造日期與有效使用的截止日期，間接衡量在當時價格下購買產品之最適購買量。本章將具新鮮度產品屬性之產品的存貨問題，製作成一個可具體討論的數學模式，發現最佳解性質，以及解釋最佳解敏感度分析的意義，則為本章的主要研究結果。

## 3.2 本章符號與假設

本章模式的假設，及使用之參數、給定函數與決策變數之意義分別如下：

### 3.2.1 模式參數

$l$ ：產品被食用或有效使用上限， $l$ 亦可被視為產品有效使用時點上限。

$A$ ：整備成本(set up cost)

$h$ ：單位產品在單位時間的儲存成本。

$c$ ：單位產品之進貨或生產成本。

$p$ ：單位產品的售價。

$y \odot z$ ：對任意二實數，符號  $y \odot z$  表示  $\{y, z\}$  中較小的數值，即  
$$y \odot z = \min\{y, z\}。$$

### 3.2.2 決策變數

$x = x(t)$ ： $t$ 時點的存貨水準；其中 $x(t)$ 在 $x$ 所對應之存貨週期 $[0, T_x]$ 內為  
 $t$ 的減函數。

$T_x$ ：經銷商決策變數 $x$ 所對應之存貨週期時間長度；因 $l$ 為產品被有效使用的時間上限。故經銷商目標函數所對應的 $T_x$ 須滿足下列不等式。

$$T_x \leq l \tag{3.2.1}$$

$-x'(t)$ ：經銷商決策變數 $p$ 所對應之 $t$ 時點的產品銷售率。

$Q(t)$ ：時間區間 $[0, t]$ 內(累積)銷售量。

$\pi$ ：廠商在週期 $[0, T_x]$ 內的利潤。

$G(T_x)$ ：廠商單位時間的利潤，而 $G(T_x) = \frac{1}{T_x} \cdot \pi$ 。

### 3.2.3 給定的函數

$D = D(p)$ ： $D(p)$ 為消費者對售價 $p$ 所反映的潛在需求率(即消費者在未知產品食用或使用有效日期上限時所表達的需求率)。

本章假設 $D(p)$ ，為：

$$D(p) = a - bp, p \in \left(0, \frac{a}{b}\right), a > 0, b > 0 \quad (3.2.2)$$

其中 $a$ 被稱為潛在需求率上限(因若售價 $p$ 降至為 $0$ 時，則潛在需求率 $D(p)$ 升至 $a$ )；稱 $\frac{a}{b}$ 為售價上限(因若售價 $p$ 上升至 $\frac{a}{b}$ 時，則潛在需求率 $D(p)$ 下降至 $0$ )。

$\gamma = \gamma(t)$ ：消費者進入產品銷售處，並得知產品售價為 $p$ ，且察覺該產品之食用或有效使用之剩餘時間長度為 $(l - t)$ 時，仍願意購買之比率；其中 $\gamma(t), 0 \leq \gamma(t) \leq 1$ 為時間 $t$ 之遞減函數，則：

$$\gamma(0) = 1, \gamma(l) = 0. \quad (3.2.3)$$

若假設 $\gamma(t)$ 為 $t$ 的線性函數，則由(3.2.3)可得

$$\gamma(t) = \begin{cases} \frac{l-t}{l}, & \text{當 } t \in [0, l] \text{ 時} \\ 0, & \text{當 } t \geq l \text{ 時} \end{cases} \quad (3.2.4)$$

利用(3.2.1)、(3.2.2)、(3.2.3)及(3.2.4)式，可假設可行解 $T_x$ 須滿足下列不等式

$$T_x \leq l \text{ 且 } p - (c + hT_x) \geq 0; \text{ 即 } T_x \leq \frac{p-c}{h} \odot l \quad (3.2.5)$$

概因期末 $T_x$ 時點出售之單位產品，其單位利潤  $p - (c + hT_x)$  須大於或等於 0 (若  $\frac{a}{b} - (c + hT_x) < 0$ ，則產品經銷商可透過減少期初進貨量來縮短銷售週期 $l$ ，提高利潤)。

由(3.2.2)及(3.2.3)可得：

$$-x'(t) = D(p) \cdot \gamma(t) = (a - bp) \frac{l-t}{l}, t \in [0, T_x] \subseteq [0, l] \quad (3.2.6)$$

對(3.2.6)積分可得：

$$\begin{aligned} x(t) &= x(0) + \int_0^t x'(y) dy \\ &= x(0) - \left[ (a - bp) \left( t - \frac{t^2}{2l} \right) \right], t \in [0, T_x] \end{aligned}$$

其中

$$0 = x(T_x) = x(0) - \left[ (a - bp) \left( T_x - \frac{T_x^2}{2l} \right) \right] \quad (3.2.7)$$

由(3.2.7)得知， $T_x$ 一旦決定， $x(0)$ 即被決定，因而函數 $x(t)$ 即被完全決定；為討論方便，以下將以符號 $T$ 取代 $T_x$ ，並將 $T$ 視為模式的決策變數。

### 3.3 數學模式

由(3.2.6)可得在時間區間 $[0, t]$ 內之銷售量 $Q(t)$ ，為

$$Q(t) = \int_0^t (a - bp) \frac{l-z}{l} dz = \frac{(a-bp)}{l} \left( lt - \frac{t^2}{2} \right) \quad (3.3.1)$$

利用(3.3.1)可得： $t$ 時間點之存貨水準(即 $[t, T]$ 內銷售量)為 $\int_t^T (a - bp) \frac{l-z}{l} dz$ ，因而 $[0, T]$ 時間區間內之利潤，記作 $\pi$ ，為：

$$\pi = (p - c) \int_0^T (a - bp) \frac{l-t}{l} dt - A - h \int_0^T \int_t^T (a - bp) \frac{l-z}{l} dz dt \quad (3.3.2)$$

利用部分積分， $\int_0^T \int_t^T (l - z) dz dt$ 可寫成 $\int_0^T (l - t)t dt$ ，因而(3.2.2)可改寫為

$$\begin{aligned} \pi &= \frac{(a-bp)}{l} \int_0^T [(p - c)(l - t) - h(l - t)t] dt - A \\ &= \frac{(a-bp)}{l} \int_0^T (l - t)(p - c - ht) dt - A \end{aligned} \quad (3.3.3)$$

利用(3.2.5)及(3.3.3)可得：經銷商如何決定決策變數 $T$ ，使得 $T$ 所對應之單位時間平均利潤 $G(T)$ 最大之目標函數為

$$\begin{cases} \max_T G(T) = \frac{a-bp}{l} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T (l - t)(p - c - ht) dt - \frac{A}{T} \\ s. t. T \leq \frac{p-c}{h} \odot l \end{cases} \quad (3.3.4)$$

將(3.3.4)之目標函數 $G(T)$ 對 $T$ 微分，可得 $G'(T)$ 如下：

$$G'(T) = \frac{a-bp}{l} \left[ \frac{(l-T)(p-c-hT)}{T} - \frac{\int_0^T (l-t)(p-c-ht)dt}{T^2} \right] + \frac{A}{T^2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{a-bp}{l} \left[ \frac{(l-T)(p-c-hT)}{T} - \left( \frac{l(p-c)}{T} - \frac{p-c+lh}{2} + \frac{hT}{3} \right) \right] + \frac{A}{T^2} \\
&= \frac{a-bp}{l} \left[ \frac{-(p-c)-lh}{2} + \frac{2hT}{3} \right] + \frac{A}{T^2} \\
&= \frac{a-bp}{lT^2} \left[ f(T) + \frac{lA}{a-bp} \right]
\end{aligned}$$

$$G''(T) = \frac{2(a-bp)}{3l} - \frac{2A}{T^3}$$

式中

$$f(T) = \left[ \frac{2h}{3}T^3 - \frac{1}{2}(p-c+lh)T^2 \right] \quad (3.3.5)$$

由(3.3.5)得知：

$$\text{當 } T = \frac{3}{4} \left( \frac{p-c}{h} + l \right) \text{ 時， } f(T) = 0$$

因

$$G'' = \frac{2h(a-bp)}{3l} - \frac{2A}{T^3}$$

故

$$\begin{cases} G'(T) \geq 0 \text{ 之充要條件為 } f(T) + \frac{lA}{a-bp} \geq 0 \\ f'(T) = 2hT^2 - (p-c+lh)T = 2h \left[ T - \frac{1}{2} \left( \frac{p-c}{h} + l \right) \right] T \\ f''(T) = 4hT - (p-c+lh) \end{cases} \quad (3.3.6)$$

$f(T)$ 的圖形可參見(圖 3.1)

利用(3.2.5)及(3.3.5)式，可得(3.3.4)式之最佳解 $T^*$ 如下：

$$\text{情況 1: 若 } f\left(\frac{p-c}{h} \odot l\right) = \frac{2h}{3}\left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)^3 - \frac{p-c+lh}{2}\left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)^2 + \frac{lA}{a-bp} \geq 0$$

則  $G'(T) \geq 0, \forall T \in \left[0, \frac{p-c}{h} \odot l\right]$ ，因而最佳週期

$$T^* = \left(\frac{p-c}{h} \odot l\right) \quad (3.3.7)$$

$$\text{情況 2: 若 } \frac{2h}{3}\left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)^3 - \frac{p-c+lh}{2}\left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)^2 + \frac{lA}{a-bp} < 0$$

則  $T^* < \frac{p-c}{h} \odot l$ ； $0 = G'(T^*)$  且

$$0 = G'(T^*)$$

$$= \frac{2h}{3}T^{*3} - \frac{p-c+lh}{2}T^{*2} + \frac{lA}{a-bp} = 0 \quad (\text{參見(3.3.5)}) \quad (3.3.8)$$

利用(3.2.5)、(3.3.7)及(3.3.8)式可得(3.3.4)式的最佳解 $T^*$ ，如圖 3.2 所示。

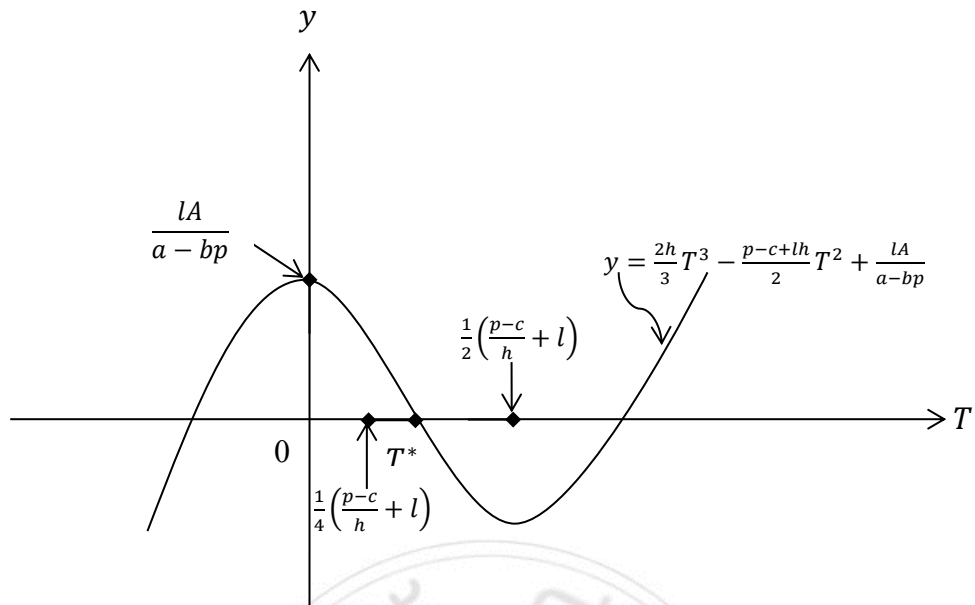


圖 3.1 情況 1 之最佳存貨週期 $T^*$

資料來源：本研究整理

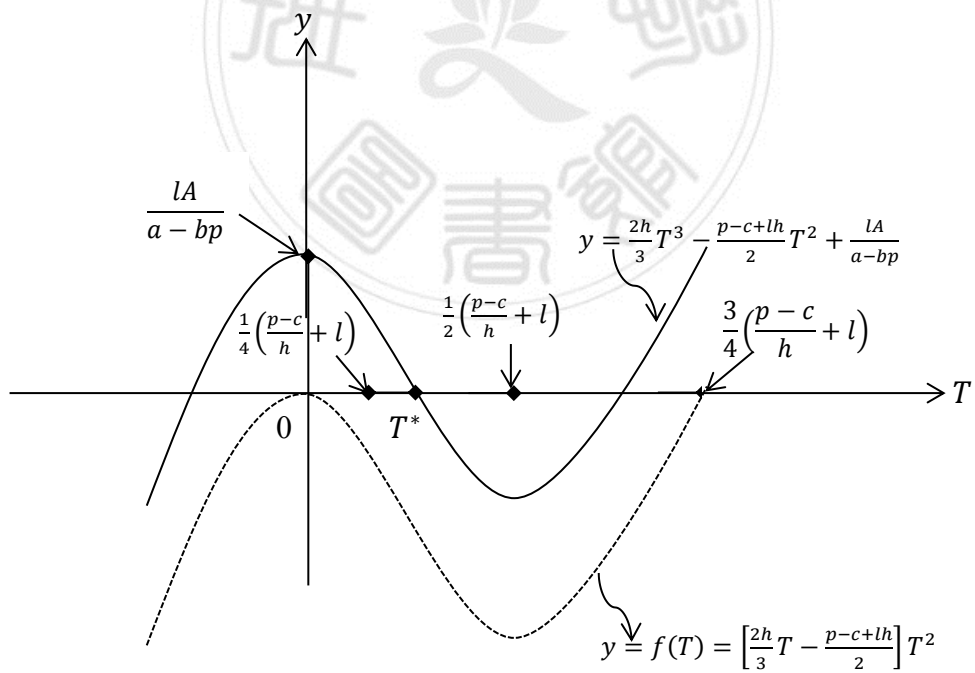


圖 3.2 情況 2 之最佳存貨週期 $T^*$

資料來源：本研究整理



### 3.4 最佳解的敏感度分析

當模式參數變動時，最佳解必隨這些參數變動而變動，本節擬將這些變動關係製作成一個可具體討論的數學式。其目的在利用來發現最佳解性質，探討並解釋最佳解對模式參數敏感度分析的意義。

#### 3.4.1 整備成本 $A$ 增加對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

情況 1：當 $T^* = \left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)$ 時，由(3.3.8)式得知當整備成本 $A$ 增加時最佳存貨週期 $T^*$ 不變。

情況 2：當 $T^* = \left(\frac{p-c}{h} \odot l\right)$ 時，由(3.3.8)式得知存貨週期 $T^*$ 隨整備成本 $A$ 不同而不同，記作 $T^* = T^*(A)$ ；考慮(3.3.8)式對 $A$ 偏微分可得

$$2hT^2T'(A) - (p - c + lh)TT'(A) + \frac{l}{a-bp} = 0$$

即

$$\begin{aligned} T'(A) &= \frac{-l}{2h(a-bp)} \frac{1}{T^2 - 1/2 \left( \frac{p-c}{h} + l \right) T} \\ &= \frac{l}{2h(a-bp)T \left[ 1/2 \cdot \left( \frac{p-c}{h} + l \right) - T \right]} > 0 \quad (\text{參見圖 3.2}) \end{aligned} \quad (3.4.1)$$

以下將針對(3.3.8)式情況 2 探討其敏感度分析

### 3.4.2 單位存貨成本 $h$ 變動對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

在(3.3.8)式中，存貨週期 $T^*$ 隨單位存貨成本 $h$ 不同而不同，記作 $T^* = T^*(h)$ 。考慮對 $h$ 偏微分可得

$$2hT^2T'(h) + \frac{2}{3}T^3 - (p - c + lh)TT'(h) + \frac{1}{2}T^2 = 0 \quad , \text{其中 } T = T^*$$

即

$$T'(h) = \frac{1/2 \cdot lT^{-2}/3T^2}{2hT - (p - c + lh)} \leq 0 \quad (\text{參見(3.2.5)}) \quad (3.4.2)$$

### 3.4.3 有效使用期限 $l$ 變動對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

考慮(3.3.8)式，對有效使用期限 $l$ 偏微分可得

$$2hT^2T'(l) + \frac{1}{2}hT^2 - (p - c + lh)TT'(l) + \frac{A}{a - bp} = 0 \quad , \text{其中 } T = T^*$$

即

$$T'(l) = \frac{1}{(p - c + lh)T - 2hT^2} \left[ \frac{A}{a - bp} - \frac{1}{2}hT^2 \right] \quad , \text{其中 } T = T^* \quad (3.4.3)$$

因(3.4.3)右式第一項分母恆正，由(3.4.3)得知 $T'(l) > 0$ 之充要條件為

$$T^* < \sqrt{\frac{2A}{(a - bp)h}} \quad (3.4.3')$$

### 3.4.4 單位產品成本 $c$ 變動對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

考慮(3.3.8)式，對 $c$ 偏微分可得

$$2hT^2T'(c) - (p - c + lh)TT'(c) + \frac{T^2}{2} = 0 \quad , \quad \text{其中 } T = T^*$$

$$\text{即 } T'(c) = \frac{1}{2} \frac{T}{(p-c+lh)-2hT} > 0 \quad (\text{參見}(3.3.5)) \quad (3.4.4)$$

### 3.4.5 需求上限 $a$ 變動對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

當需求上限 $a$ 增加時，則 $\frac{lA}{a-bp}$ 會減少，此時曲線

$$y = \frac{2h}{3}T^3 - \frac{p-c+lh}{2}T^2 + \frac{lA}{a-bp}$$

會下降，最佳存貨週期 $T^*$ 減少(參見圖 3.2)。

### 3.4.6 需求函數斜率 $b$ 變動對最佳存貨週期 $T^*$ 的影響效果

當需求函數斜率 $b$ 增加時，則 $\frac{lA}{a-bp}$ 會增加，此時曲線

$$y = \frac{2h}{3}T^3 - \frac{p-c+lh}{2}T^2 + \frac{lA}{a-bp}$$

會上升，最佳存貨週期 $T^*$ 亦會增加(參見圖 3.2 橫坐標之 $T^*$ )。

### 3.5 本章結論

本章將過去以新鮮性為名之產品存貨政策學術論文區分為兩類(如本章第一節所述之第一類及第二類)。但檢核這兩類已發表之學術期刊論文，發現他們皆是假設產品會隨時間腐敗而減少存量；而不是如本章對具新鮮效性產品的假設：對於任一時點之產品量並不會隨時間而減少，而是隨時間經過產生質變。本章將此種具新鮮效性之產品的購買(或生產)存貨問題，定義為第三類新鮮效性產品存貨模式。由於此第三類新鮮效性產品在市場上是普遍存在的。因此我們認為有必要將其存貨問題製作成可以具體討論的數學模式。經本章數學推導得本模式最佳解 $T^*$ 如(3.3.7)及(3.3.8)式所示。

在不考慮食品含違法添加物情況下，食品廠商單位時間成本最小化之最佳存貨週期 $T^*$ ，對各參數變動的敏感度分析結果如下：

- 性質1. 由(3.2.1)及(3.3.6)式得知：當  $\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{p-c}{h} + l \right) - T^* > 0$  時，最佳存貨週期 $T^*$ 隨整備成本(Setup Cost)  $A$ 增加而增加(參見(3.4.1))。
- 性質2. 當最佳存貨週期 $T^*$ 不大於其被有效使用時間上限之75% (即 $T^* \leq \frac{3}{4}l$ ) 時， $T^*$ 隨單位儲存成本 $h$ 增加而減少(參見(3.4.2))。
- 性質3. 當最佳存貨週期 $T^*$ 隨產品被有效使用時間上限增加而增加之充要條件為  $T^* < \sqrt{\frac{2A}{(a-bp)h}}$  (參見(3.4.3))。
- 性質4. 最佳存貨週期 $T^*$ ，隨單位生產或進貨成本 $c$ 增加而增加(參見(3.4.4))。

性質5. 最佳存貨週期 $T^*$ ，隨需求上限 $a$ 增加而減少(參見圖 3.2  $\frac{lA}{a-bp}$ 之縱坐標)。

性質6. 最佳存貨週期 $T^*$ 隨需求函數斜率 $b$ 增加而增加 (參見圖 3.2  $\frac{lA}{a-bp}$ 之坐標)。



## 第四章 遏止食品廠商添加使消費者誤判效期之有害健康物質的模式分析

食品廠商在追求利潤的考量下，於食品中添加危害健康添加物，其一部份目的是為了能延長食品的效期。故本研究欲將食品安全的部分議題：廠商在追求單位時間利潤最大化的情況下，是如何延長食品效期添加有害身體健康的物質之問題，製作成可具體討論的數學模式。其目的在瞭解廠商非法添加的動機及對罰款函數的反應，使政府衛生單位據此規劃食安監測相關措施。

### 4.1 本章問題背景

食品安全問題大部分來自於：食品為追求最大利益或符合市場需求，在食品製造或儲存過程中，添加了非法成份或以劣質品混充優質品之不正當的作為。政府衛生單位為了遏止此不法行為所採取的行政手段之一，即以抽查檢驗出不符規定的食品，對該食品廠商處以罰款。縱使政府有意在立法與制度執行上為人民的健康把關，但是政府衛生主管機關在進行食品抽查檢驗的時候，仍會發現下列問題：若全體食品的檢驗方式，則成效最佳，但是卻耗時耗力，不符合經濟效益；若抽查食品之樣本數過少則會造成不肖廠商有機可乘而違法。而探討食品安全法管理制度與執行的論文很多，但將某食品安全問題製做成可具體討論的數學模式者卻很少。且此行政手段效果亦與市場因素有關；市場因素包含：市場需求函數型態及同業食品廠商數等。故本研究欲分析食品廠商為延長食品效期，添加非法食品添加物的行為模式，使政府衛生單位得依此規劃相關措施，來得到解決食品安全問題的最佳解。

## 4.2 本章模式符號及假設條件

$\theta$ : 單位食品中含超過政府衛生單位所訂標準之危害健康物質(如防腐劑)的劑量; 其中 $\theta \geq 0$ ,  $\theta$ 值越大其所對應之食品危害消費者健康程度越大, 又( $\theta = 0$ 表示其所對應之食品不會危害消費者健康)。

$l(\theta)$ : 危害健康指標為 $\theta$ 之食品的效期, 其中 $l'(\theta) > 0$ ,  $l''(\theta) < 0$ ,  $\forall \theta > 0$ 。

因自產自銷之食品廠商於單位時間內, 已產出之危害健康食品量, 政府衛生單位稽查員很難得知(除非廠商自己吐實), 故政府對廠商添加違反健康物質罰金的計算, 以每次違法添加程度被發現作為罰金計算標準, 而不以危害健康食品之出貨量作為罰金的計算標準。

$g(\theta)$ : 政府衛生單位每次稽查出廠商之食品危害健康指標值為 $\theta$ 之罰款, 其中

$$g(0) = 0, g'(\theta) \geq 0, g''(\theta) \geq 0, \forall \theta > 0。$$

$M$ : 銷售同類食品之廠商數。

本章假設政府衛生單位平均每隔 $L$ 時間長度, 隨機抽樣 $S$ 個食品廠商, 稽核其食品之 $\theta$ 值是否合乎標準值 $0$ 。即

$L$ : 政府衛生單位隨機抽選食品廠商所決定之 $\theta$ 值, 是否合乎標準值 $0$ 的間隔時間長度。

$S$ : 政府衛生單位每次稽核隨機抽驗食品廠商樣本數。

$L$ 與 $S$ 值給定後，選取 $\theta > 0$ 之食品廠商，被政府衛生單位稽核出違規的平均間隔時間長度為：

$$\begin{aligned} & \frac{S}{M}L + \frac{M-S}{M} \frac{S}{M} 2L + \dots + \left(\frac{M-S}{M}\right)^{i-1} \frac{S}{M} iL + \dots \\ &= \frac{SL}{M} \frac{d}{dz} \left( \sum_{i=0}^{\infty} z^i \right) \Big|_{z=(M-S)/M} \\ &= \frac{SL}{M} \left( \frac{d}{dz} \frac{1}{1-z} \right) \Big|_{z=(M-S)/M} = \frac{SL}{M} \frac{1}{(1-z)^2} \Big|_{z=(M-S)/M} \end{aligned} \quad (4.2.1)$$

式中 $\frac{S}{M}$ 為食品廠商違法添加後，第1次就被政府衛生單位抽驗出違規的機率； $\frac{M-S}{M} \frac{S}{M}$ 為食品廠商違規後恰在第2次被抽驗出違規的機率， $\left(\frac{M-S}{M}\right)^{i-1} \frac{S}{M}$ 為食品廠商違法添加後恰在第 $i$ 次被抽驗出違規的機率。

$h$ ：食品廠商單位食品在單位時間的儲存成本。

$c$ ：食品廠商單位食品之進貨或生產成本。一般而言，有害身體健康添加物(如防腐劑)成本遠較食品本身成本為低；況且以重量計價之食品，添加物本身亦有重量，故本章假設 $c$ 不因 $\theta$ 值不同而不同。

$p$ ：單位食品的售價。

$A$ ：整備成本。

$y \odot z$ ：對任意二實數，符號 $y \odot z$ 表示 $\{y, z\}$ 中較小的數值，

即

$y \odot z = \min\{y, z\}$ 。



$w(\theta)$ ：食品廠商決定是否違規的開關(Switch)函數，其中，

$$w(\theta) = \begin{cases} 0, & \text{當 } \theta = 0 \text{ (未在食品中添加有害物質)} \\ 1, & \text{當 } \theta > 0 \text{ (在食品中添加有害物質)} \end{cases}$$

$T_\theta$ ：食品廠商決策變數 $\theta$ 所對應之存貨週期。

因 $l(\theta)$ 為食品被有效使用時間上限，故廠商在追求利潤最大化下，其所對應的 $T_\theta$ 須滿足下列不等式：

$$T_\theta \leq l(\theta) \tag{4.2.2}$$

$x_\theta = x_\theta(t)$ ：危害健康指標值為 $\theta$ 之食品，在 $t$ 時點的存貨水準。

其中 $x_\theta(t)$ ，在 $x_\theta$ 所對應之存貨週期 $[0, T_\theta]$ 內，為 $t$ 的減函數。

$-x'_\theta(t)$ ：食品售價為 $p$ 所對應之 $t$ 時點的食品銷售率。

$Q_\theta(t)$ ：危害健康指標為 $\theta$ 之食品在時間區間 $[0, t]$ 內(累積)銷售量。

$\pi_\theta$ ：廠商在一週期 $[0, T_\theta]$ 內的利潤。

$G(T_\theta)$ ：廠商決策變數 $\theta$ 所對應之單位時間利潤，即 $G(T_\theta) = \frac{\pi_\theta}{T_\theta}$ 。

$D = D(p)$ ： $D(p)$ 為消費者對售價 $p$ ，所反映之單位時間的潛在需求量(即消費者在未考慮食品效期因素所表達的需求率)。本章假設

$$D(p), D(p) = a - bp, \quad p \in \left(0, \frac{a}{b}\right), \quad \text{其中}$$

$a$ ：潛在需求率上限(因若售價 $p$ 降至為 0 時，則由上式得知潛在需求率

$D(p)$ 升至 $a$ )。

$\frac{a}{b}$ ：為售價上限；概因

$$\lim_{p \rightarrow (\frac{a}{b})^-} \lim_{p \rightarrow (\frac{a}{b})^-} D(P) = (a - bp) = 0 \quad (4.2.3)$$

$\gamma = \gamma(t)$ ：消費者於 $t$ 時點進入食品銷售處，得知食品售價為 $p$ ，及可食用剩餘時間長度為 $(l(\theta) - t)$ 後，衡量自己每日需求量而調整的購買量比率(可食用標示效期為 $l(\theta)$ 之購買量與實際效期為 $(l(\theta) - t)$ 之購買量比值)；其中 $\gamma(t), 0 \leq \gamma(t) \leq 1$ ，為時間 $t$ 之遞減函數，且 $\gamma(0) = 1, \gamma(l(\theta)) = 0$ 。

這表示本章假設消費者在交易考量下(消費者取得一產品所付出的代價，除產品本身價格外，尚包含取得產品的買賣時間、車馬費等交易成本，其購買量愈大，單位產品所分擔的交易成本愈小)。其購買量的調整是以食品標示的效期 $l(\theta)$ 與尚餘效期 $(l(\theta) - t)$ 之比值的大小作為調整依據。

若假設 $\gamma(t)$ 為 $t$ 的線性函數，則由上述可得

$$\gamma(t) = \begin{cases} \frac{l(\theta)-t}{l(\theta)}, & \text{當 } t \in [0, l(\theta)] \text{ 時} \\ 0, & \text{當 } t \geq l(\theta) \text{ 時} \end{cases} \quad (4.2.4)$$

在食品廠商追求利潤最大化之假設下，其存貨期末時點 $T_\theta$ 出售之單位食品利潤  $p - (c + hT_\theta)$  須大於或等於 0 (概因若  $p - (c + hT_\theta) < 0$ ，則廠商可透過減少期初進貨量來縮短銷售週期 $T_\theta$ ，提高利潤)。

故利用 (4.2.2)、(4.2.3)及(4.2.4)，可假設 $T_\theta$ 須滿足下列不等式，

$$T_\theta \leq l(\theta) \text{ 且 } p - (c + hT_\theta) \geq 0; \text{ 即 } T_\theta \leq \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \quad (4.2.5)$$

給定 $\theta$ 值，由(4.2.2)及(4.2.3)可得

$$\begin{aligned} -x'_\theta(t) &= D(p) \cdot \gamma(t) \\ &= (a - bp) \frac{l(\theta)-t}{l(\theta)}, t \in [0, T_\theta] \subseteq [0, l(\theta)] \end{aligned} \quad (4.2.6)$$

對(4.2.6)積分可得

$$\begin{aligned} x_\theta(t) &= x_\theta(0) + \int_0^t x'_\theta(y) dy \\ &= x_\theta(0) - \left[ (a - bp) \left( t - \frac{t^2}{2l(\theta)} \right) \right], t \in [0, T_\theta] \end{aligned} \quad (4.2.7)$$

其中

$$0 = x_\theta(T_\theta) = x_\theta(0) - \left[ (a - bp) \left( T_\theta - \frac{T_\theta^2}{2l(\theta)} \right) \right] \quad (4.2.8)$$

給定 $\theta$ 值，由(4.2.8)得知， $T_\theta$ 值一旦決定， $x_\theta(0)$ 即被決定，因而(4.2.7)之 $t$ 函數 $x_\theta(t)$ 亦同時被完全決定。討論方便，在 $\theta$ 值給定下，以下將用符號 $T$ 取代 $T_\theta$ ，並將 $T$ 視為模式的決策變數。

### 4.3 數學模式

給定 $\theta$ ，由(4.2.6)可得：在時間區間 $[0, t]$ 內之銷售量 $Q_\theta(t)$ ，為

$$Q_\theta(t) = \int_0^t (a - bp) \frac{l(\theta) - z}{l(\theta)} dz = \frac{(a - bp)}{l(\theta)} \left( l(\theta)t - \frac{t^2}{2} \right) \quad (4.3.1)$$

利用(4.2.6)可得：在存貨週期 $[0, T]$ 內， $t$ 時間點之存貨水準(即 $[t, T]$ 內銷售量)為 $\int_t^T (a - bp) \frac{l(\theta) - z}{l(\theta)} dz$ 。因而給定 $\theta$ ，由(4.3.1)可得，食品廠商在存貨週期 $[0, T]$ 內之(期望)利潤如下。

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{(I) 當 } \theta = 0 \text{ (即食品不添加有害健康物質) 時，利潤為：} \\ (p - c) \int_0^T (a - bp) \frac{l(0) - z}{l(0)} dt - A - h \int_0^T \left[ \int_t^T (a - bp) \frac{l(0) - z}{l(0)} dz \right] dt \\ \text{(II) 當 } \theta > 0 \text{ (即食品添加有害健康物質) (參見(5.1)) 時，利潤為：} \\ (p - c) \int_0^T (a - bp) \frac{l(\theta) - z}{l(\theta)} dt - A - h \int_0^T \left[ \int_t^T (a - bp) \frac{l(\theta) - z}{l(\theta)} dz \right] dt \\ - \frac{T}{LM/S} \left[ g(\theta) + c \frac{a - bp}{2l(\theta)} \left( l(\theta)T - \frac{T^2}{2} \right) \right] \end{array} \right. \quad (4.3.2)$$

利用部分積分可得：

$$\int_0^T \int_t^T (l(\theta) - z) dz dt = \int_0^T (l(\theta) - t)t dt \quad (4.3.3)$$

若將(4.3.3)代入(4.3.2)，則(4.3.2)可被改寫成

$$\frac{a-bp}{l(0)} \int_0^T (l(0)-t)(p-c-h t) dt - A$$

故

(I) 當  $\theta = 0$  時，在存貨週期  $[0, T]$  內利潤為：

$$\frac{a-bp}{l(0)} \int_0^T (l(0)-t)(p-c-h t) dt - A$$

(II) 當  $\theta > 0$  時，在存貨週期  $[0, T]$  內利潤為：

$$\frac{a-bp}{l(\theta)} \left\{ \int_0^T (l(\theta)-t)(p-c-h t) dt - \frac{TS}{LM} \left[ \frac{l(\theta)}{a-bp} g(\theta) + \frac{c}{2} \left( l(\theta)T - \frac{T^2}{2} \right) \right] \right\} - A \quad (4.3.4)$$

若用符號  $T_\theta^*$  表示食品廠商採行  $\theta$  值後，其所對應之最佳存貨週期；；並用符號  $G(T_\theta^*)$  表示其所對應之單位時間利潤（即廠商在  $[0, T]$  所得利潤為

(4.3.4) 除以週期  $T$ ），則求食品廠商最佳存貨週期  $T_\theta^*$  之數學模式為：

$$G_\theta(T_\theta^*) = \max_T G_\theta(T)$$

$$= \max_T \left\{ \frac{a-bp}{l(\theta)} \frac{1}{T} \left[ \int_0^T (l(\theta)-t)(p-c-h t) dt \right] \right. \\ \left. - w(\theta) \frac{a-bp}{l(\theta)} \frac{1}{T} \left\{ \frac{S}{LM} \left[ \frac{l(\theta)}{a-bp} g(\theta) + \frac{c}{2} \left( l(\theta)T - \frac{T^2}{2} \right) \right] \right\} - \frac{A}{T} \right\} \quad (4.3.5)$$

$$s. t. \quad 0 < T \leq \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]$$

考慮(4.3.5)之目標函數 $G_\theta(T)$ 對 $T$ 微分可得

$$G'_\theta(T) = \frac{a-bp}{l(\theta)} \left[ \frac{(l(\theta)-T)(p-c-hT)}{T} - \frac{\int_0^T (l(\theta)-t)(p-c-hT)dt}{T^2} - w(\theta) \frac{Sc}{LM2} (l(\theta) - T) \right] + \frac{A}{T^2} \quad (4.3.6)$$

$$= \frac{a-bp}{l(\theta)} \left[ \frac{(l(\theta)-T)(p-c-hT)}{T} - \left( \frac{l(\theta)(p-c)}{T} - \frac{p-c+l(\theta)h}{2} + \frac{hT}{3} \right) - w(\theta) \frac{Sc}{LM2} (l(\theta) - T) \right] + \frac{A}{T^2}$$

$$= \frac{a-bp}{l(\theta)} \left[ \frac{-(p-c)-l(\theta)h}{2} + \frac{2hT}{3} - w(\theta) \frac{Sc}{LM2} (l(\theta) - T) \right] + \frac{A}{T^2}$$

$$= \frac{a-bp}{T^2} \left[ f_\theta(T) + \frac{A}{a-bp} \right] \quad (4.3.7)$$

式中

$$f_\theta(T) = \left\{ \left[ \left( \frac{2h}{3} + \frac{w(\theta)Sc}{LM2} \right) \frac{T}{l(\theta)} - \frac{1}{2} \left( \frac{p-c}{l(\theta)} + h \right) \right] - \frac{1}{2} \frac{w(\theta)Sc}{LM} \right\} T^2 \quad (4.3.8)$$

因

$$\begin{aligned} f'_\theta(T) &= \left[ \left( \frac{2h}{3} + \frac{w(\theta)Sc}{LM2} \right) \frac{T}{l(\theta)} - \frac{1}{2} \left( \frac{p-c}{l(\theta)} + h + \frac{w(\theta)Sc}{LM} \right) \right] 2T + \left( \frac{2h}{3} + \frac{w(\theta)Sc}{LM2} \right) \frac{1}{l(\theta)} T^2 \\ &= \frac{1}{l(\theta)} \left( \frac{2h}{3} + \frac{w(\theta)Sc}{LM2} \right) 3T^2 - \left( \frac{p-c}{l(\theta)} + h + w(\theta) \frac{Sc}{LM} \right) T \\ &= \left[ \frac{1}{l(\theta)} \left( 2h + \frac{3}{2} \frac{w(\theta)Sc}{LM} \right) T - \left( \frac{p-c}{l(\theta)} + h + w(\theta) \frac{Sc}{LM} \right) \right] T \quad (4.3.9) \end{aligned}$$

故  $y = f_{\theta}(T)$  的圖形，如圖 4.1 所示。由(4.3.8)及(4.3.9)得知

$$G_{\theta}''(T) = (a - bp) \left[ \frac{-2}{T^3} \left( f_{\theta}(T) + \frac{A}{a-bp} \right) + \frac{f'_{\theta}(T)}{T^2} \right] \quad (4.3.10)$$

對於一個已經存在且有營運事實的食品廠商而言，其所面臨問題 $\theta$ 的選擇，必限於使(4.3.7)最佳解 $T_{\theta}^*$ 存在且單位利潤 $G_{\theta}(T_{\theta}^*) > 0$ 為條件；利用(4.3.7)並比較 $G'_{\theta}(T)$ 與 $G_{\theta}(T)$ 可得

$$\begin{aligned} & \lim_{T \rightarrow \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]} - G'_{\theta}(T) \\ &= \frac{-1}{T} \left\{ \frac{a-bp}{l(\theta)} \left[ \frac{1}{T} \int_0^T (l(\theta) - t)(p - c - ht) dt + w(\theta) \frac{Sc}{LM2} (l(\theta)T - T^2) \right] - \frac{A}{T} \right\} \Bigg|_{T = \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]} \\ &= \frac{-1}{T} \left\{ G_{\theta}(T) + w(\theta) \left\{ \frac{S}{LM} \left[ g(\theta) + \frac{(a-bp)c}{l(\theta)^2} \left( l(\theta)T - \frac{T^2}{2} \right) \right] \right\} + \frac{a-bp}{l(\theta)} w(\theta) \frac{S}{LM} \frac{c}{2} (l(\theta)T - T^2) \right\} \Bigg|_{T = \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]} \\ &= \frac{-1}{T} \left\{ G_{\theta}(T) + \frac{w(\theta)Sg(\theta)}{LM} + \frac{a-bp}{l(\theta)} w(\theta) \frac{S}{LM} \frac{c}{2} (l(\theta)T - T^2) \right\} \Bigg|_{T = \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]} < 0 \end{aligned}$$

故

$$T_{\theta}^* < \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right], \quad \forall \theta > 0 \text{ (參見圖 4.1)}$$

利用(4.3.7)、(4.3.8)、(4.3.9)及(4.3.10)得 $T_{\theta}^*$ 如圖 4.1 所示。

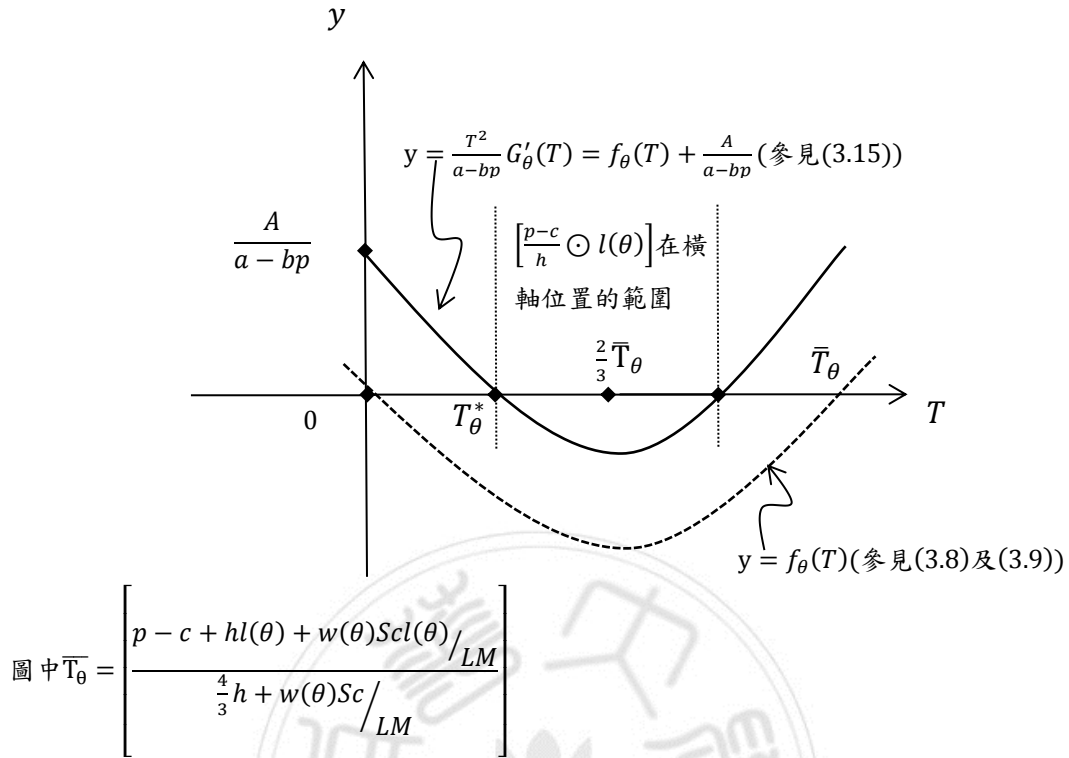


圖 4.1 給定 $\theta$ 值，(4.3.5)最佳解 $T_\theta^*$ 的位置

資料來源：本研究整理

由上述討論得下列推論：

**【推論 4.1】**

食品廠商選定 $\theta$ 值後，模式(4.3.5)之食品廠商最佳存貨週期 $T_\theta^*$ 滿足：

(1)  $T_\theta^* < \left[ \frac{p-c}{h} \odot l(\theta) \right]$  且  $G'(T_\theta^*) = 0$ 。即

$$\left[ \left( \frac{2h}{3} + \frac{w(\theta)Sc}{LM^2} \right) \frac{T_\theta^*}{l(\theta)} - \frac{1}{2} \left( \frac{p-c}{l(\theta)} + h + w(\theta) \frac{Sc}{LM} \right) \right] T_\theta^{*2} + \frac{A}{a-bp} = 0 \quad (4.3.11)$$



$$\begin{aligned}
(2)G_{\theta}(T_{\theta}^*) &= \frac{a-bp}{l(\theta)} [(l(\theta) - T_{\theta}^*)(p - c - hT_{\theta}^*)] - \frac{w(\theta)Sc}{LM2} \left( l(\theta)2T_{\theta}^* - \frac{3}{2}T_{\theta}^{*2} \right) \\
&= \left[ \frac{(a-bp)h}{l(\theta)} + \frac{w(\theta)Sc3}{LM4} \right] T_{\theta}^{*2} - \left[ \frac{(a-bp)(p-c+hl(\theta))}{l(\theta)} + \frac{w(\theta)Scl(\theta)}{LM} \right] T_{\theta}^* + \\
&\quad (a - bp)(p - c) \tag{4.3.12}
\end{aligned}$$

證明

(1)之證明：

利用(4.3.7)、(4.3.8)、(4.3.9)及圖 4.1 即得證。

(2)之證明：

在等式(4.3.5)之左右各乘 $T$ 後，考慮對 $T$ 導數，並利用 $G'_{\theta}(T_{\theta}^*) = 0$

可得 $G_{\theta}(T_{\theta}^*) = \frac{d}{dT} [G_{\theta}(T)T] \Big|_{T=T_{\theta}^*} = (4.3.12)$ 式。

### 【推論 4.2】

食品廠商選定 $\theta$ 值後，當整備成本 $A$ 值減少(其他參數值維持不變)或價格 $p$ 值減少或 $b$ 值減少或 $a$ 值增加；皆會使得廠商最佳存貨週期 $T_{\theta}^*$ 減少。

證明：因 $A$ 值， $p$ 值， $b$ 值減少或 $a$ 值增加，皆會使得 $\frac{A}{a-bp}$ 值減少，因而

造成圖 4.1 之曲線 $y = \frac{T^2}{a-bp} G'_{\theta}(T)$ 下降；進而得知 $T_{\theta}^*$ 值減少。

推論 4.2 的管理意義為，當食品廠商決定危害健康添加物比率 $\theta$ 值後，僅減少整備成本 $A$ 值，或僅減少價格 $p$ 值，或僅減少 $b$ 值，或僅增加 $a$ 值；皆會使得食品廠商縮短其最佳存貨週期 $T_{\theta}^*$ 。

### 【推論 4.3】

廠商選定 $\theta$ 值後，其他參數值維持不變下，食品廠商最佳購貨週期 $T_\theta^*$  會隨危害健康添加物量 $\theta$  增加而增加，即 $\frac{dT_\theta^*}{d\theta} > 0, \forall \theta > 0$ 。

證明：從函數 $l(\theta)$ 的定義得知；當 $\theta$ 增加 $l(\theta)$ 會增加；而 $l(\theta)$ 增加又促使圖 4.1 曲線 $y = f_\theta(T), T \in [0, \bar{T}_\theta]$ 往上移動(因當 $T \in [0, \bar{T}_\theta]$ 時(4.3.8)之中括號內為負數)進而造成 $T_\theta^*$ 增加，因此 $\frac{dT_\theta^*}{d\theta} > 0, \forall \theta > 0$ ，故推論 4.3 得證。

推論 4.3 的管理意義為，在單位時間利潤最大化的前提下，在整備成本 $A$ 值、價格 $p$ 、 $b$ 值和 $a$ 值維持不變之下，食品廠商最佳購貨週期 $T_\theta^*$  會隨其危害健康添加物量 $\theta$ 增加而增加。

### 4.4 最佳解的敏感度分析

令符號 $\bar{\theta}$  為 $\max_{\theta > 0} G_\theta(T_\theta^*)$  的最佳解，若 $\bar{\theta}$ 存在，則顯然可得

$$G_{\theta^*}(T_{\theta^*}^*) = \max\{G_{\bar{\theta}}(T_{\bar{\theta}}^*), G_0(T_0^*)\} \text{ (若 } \bar{\theta} \text{ 不存在, 則 } \theta^* = 0) \quad (4.4.1)$$

給定 $\theta$ 值，由 $T_\theta^*$ 定義得知 $\frac{\partial}{\partial T} G_\theta(T) \Big|_{T=T_\theta^*} = 0, \forall \theta > 0$ 。

當 $\theta > 0$ 時(即 $w(\theta) = 1$ 時)，利用(4.3.5)比較 $\frac{d}{d\theta} G_\theta(T_\theta^*)$ 與 $\frac{\partial}{\partial T} G_\theta(T) \Big|_{T=T_\theta^*}$ ，

並利用 $\frac{\partial}{\partial T} G_\theta(T) \Big|_{T=T_\theta^*} = 0$ (參見圖 4.1)可得

$$\frac{d}{d\theta} G_\theta(T_\theta^*)$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{-l'(\theta)(a-bp)}{l^2(\theta)} \frac{1}{T_\theta^*} \left[ \int_0^{T_\theta^*} (l(\theta) - t)(p - c - ht) dt \right] + \frac{a-bp}{l(\theta)} \frac{1}{T_\theta^*} \int_0^{T_\theta^*} l'(\theta)(p - c - \\
&\quad ht) dt - \frac{S}{LM} \left( g'(\theta) + \frac{(a-bp)cl'(\theta)T_\theta^{*2}}{4l^2(\theta)} \right) \\
&= \frac{l'(\theta)(a-bp)}{l(\theta)T_\theta^*} \int_0^{T_\theta^*} \left[ 1 - \left( 1 - \frac{t}{l(\theta)} \right) \right] (p - c - ht) dt - \frac{S}{LM} \left( g'(\theta) + \right. \\
&\quad \left. \frac{(a-bp)cl'(\theta)}{4l^2(\theta)} T_\theta^{*2} \right) \\
&= \frac{l'(\theta)}{l^2(\theta)} \frac{a-bp}{T_\theta^*} \int_0^{T_\theta^*} t(p - c - ht) dt - \frac{S}{LM} \left( g'(\theta) + \frac{(a-bp)cl'(\theta)}{4l^2(\theta)} T_\theta^{*2} \right) \\
&= \frac{l'(\theta)}{l^2(\theta)} (a - bp) \left[ (p - c) \frac{T_\theta^*}{2} - \frac{hT_\theta^{*2}}{3} \right] - \frac{S}{LM} \left( g'(\theta) + \frac{(a-bp)cl'(\theta)}{4l^2(\theta)} T_\theta^{*2} \right) \\
&= \frac{-l'(\theta)(a-bp)}{l^2(\theta)} \left[ \left( \frac{S}{LM} \frac{c}{4} + \frac{h}{3} \right) T_\theta^{*2} - (p - c) \frac{T_\theta^*}{2} + \frac{Sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)} \right] \\
&= \frac{-l'(\theta)(a-bp)}{l^2(\theta)} F_\theta(T) \Big|_{T=T_\theta^*} \tag{4.4.2}
\end{aligned}$$

式中函數 =  $F_\theta(T)$  被定義為：

$$F_\theta(T) = \left( \frac{S}{LM} \frac{c}{4} + \frac{h}{3} \right) T^2 - \frac{(p-c)}{2} T + \frac{Sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)} \tag{4.4.3}$$

若(4.4.3) $T$ 的二次多項式之判別式 $\geq 0$ ，則(4.4.3)可寫成

$$\begin{aligned}
F_\theta(T) &= \left( \frac{S}{LM} \frac{c}{4} + \frac{h}{3} \right) \left[ T - \frac{\frac{p-c}{2} + \sqrt{\left( \frac{p-c}{2} \right)^2 - \left( \frac{Sc}{LM} + \frac{4h}{3} \right) \frac{Sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)}}}{\frac{S}{LM} \frac{c}{4} + \frac{2h}{3}} \right] \\
&\left[ T - \frac{\frac{p-c}{2} - \sqrt{\left( \frac{p-c}{2} \right)^2 - 4 \left( \frac{Sc}{LM} + \frac{h}{3} \right) \frac{Sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)}}}{\frac{S}{LM} \frac{c}{4} + \frac{2h}{3}} \right] \tag{4.4.4}
\end{aligned}$$

由(4.4.3)得知 $F_{\theta}(T)$ 的圖形如圖 4.2 所示，由(4.4.2)、(4.4.3)及 $\theta^*$ 定義得知：

若  $\theta^* > 0$ ，則  $\frac{d}{d\theta} G_{\theta}(T_{\theta}^*) \Big|_{\theta=\theta^*} = 0$ ，且存在  $\Delta\theta > 0$  滿足，  
 $\frac{d}{d\theta} G_{\theta}(T_{\theta}^*) \Big|_{\theta=\theta^*-\Delta(\theta)} > 0$ ， $\frac{d}{d\theta} G_{\theta}(T_{\theta}^*) \Big|_{\theta=\theta^*+\Delta(\theta)} < 0$ 。

因(4.4.4)根號內為 $\theta$ 的減函數，由(4.4.2)、(4.4.3)及推論 4.3 得知；若 $\theta^* > 0$  即 $\theta^* = \bar{\theta}$ (參見 4.4.1)，則

$$T_{\theta^*}^* = T_{\bar{\theta}}^* = \frac{\frac{p-c}{2} - \sqrt{\left(\frac{p-c}{2}\right)^2 - \left(\frac{sc}{LM} + \frac{4h}{3}\right) \frac{sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)}}}{\frac{sc}{LM} + \frac{2h}{3}} \quad (4.4.5)$$

其圖形如圖 4.3 所示：

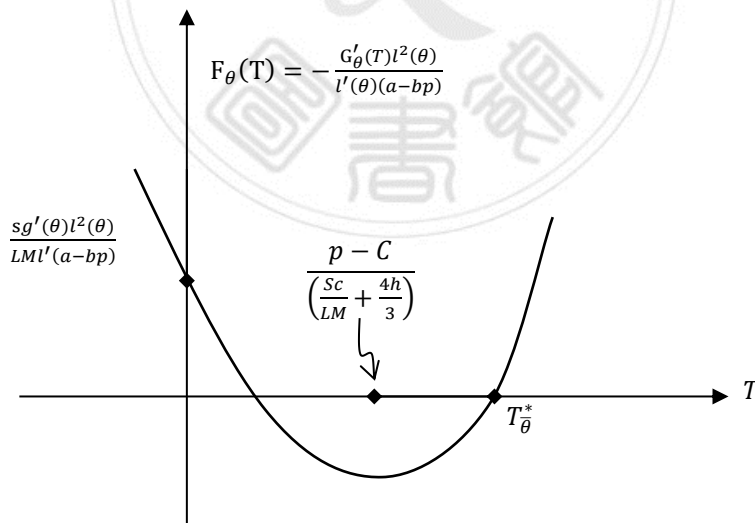


圖 4.2 當(4.4.3)式之 $T$ 的二次多項式之判別式 $\geq 0$ 的 $F_{\theta}(T)$ 的圖形

資料來源：本研究整理

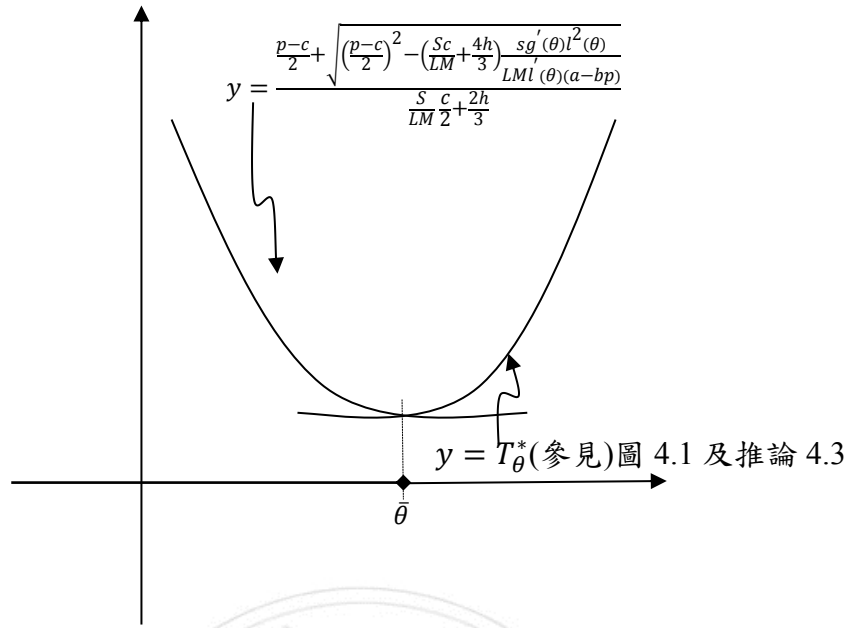


圖 4.3 求  $\bar{\theta}$  的過程

資料來源：本研究整理

**【推論 4.4】** 令  $\theta^*$  滿足  $G_{\theta^*}(T_{\theta^*}^*) = \max_{\theta \geq 0} G_{\theta}(T_{\theta}^*)$ 。

(I) 若  $\left(\frac{p-c}{2}\right)^2 \leq \left(\frac{Sc}{LM} + \frac{4h}{3}\right) \frac{Sg'(0)l^2(0)}{LMl'(0)(a-bp)}$ ，則  $\theta^* = 0$ 。 (4.4.6)

(II) 若  $\left(\frac{p-c}{2}\right)^2 > 4\left(\frac{Sc}{LM} + \frac{4h}{3}\right) \frac{Sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)}$ ，則  $\theta^* > 0$ ， $\theta^* = \bar{\theta}$  (參見 4.4.1)

且

$$T_{\bar{\theta}}^* = T_{\theta^*}^* = \frac{\frac{p-c}{2} + \sqrt{\left(\frac{p-c}{2}\right)^2 - \left(\frac{Sc}{LM} + \frac{4h}{3}\right) \frac{Sg'(\theta^*)l^2(\theta^*)}{LMl'(\theta^*)(a-bp)}}{\frac{Sc}{LM} + \frac{2h}{3}} \quad (\text{參見圖 4.3}) \quad (4.4.7)$$

證明

(I) 之證明：

從(I)之假設條件及(4.4.3)得知；任給 $\theta \geq 0$ ， $T$ 的二次多項式 $F_\theta(T)$ 恆正，因而由(4.4.3)得知， $\frac{d}{d\theta} G_\theta(T_\theta^*) < 0, \forall \theta > 0$ ，故 $\theta^* = 0$ 。

(II) 之證明：

由(4.4.4)及(4.4.5)即得證。

推論 4.4 的管理意義為：當單位食品之進貨或生產成本 $c$ 愈小；或政府衛生單位每次隨機抽驗食品廠商樣本數 $s$ 愈小；或食品廠商在單位時間的儲存成本 $h$ 愈小；或政府衛生單位隨機抽驗的間隔時間 $L$ 愈大；或銷售同類食品之食品廠商數 $M$ 愈大時，就越支持食品廠商最佳購貨週期 $\theta^*$ 等於 $\bar{\theta}$  ( $\bar{\theta}$ 存在表示其食品含違法添加物)。

**【推論 4.5】** (尋求 $\theta^*$ 的過程)

步驟 1. 判斷推論 4.4 之(I)的假設條件是否成立，若成立則 $\theta^* = 0$ ；否則進行下列步驟 2。

步驟 2. 選擇一個適當的 $\theta$ 值，利用推論 4.3 性質嘗試求出 $T_\theta^*$ 值；並將 $T_\theta^*$ 值與下列數學式值做比較。

$$\frac{\frac{p-c}{2} + \sqrt{\left(\frac{p-c}{2}\right)^2 - \left(\frac{Sc+4h}{LM+3}\right) \frac{sg'(\theta)l^2(\theta)}{LMl'(\theta)(a-bp)}}}{\frac{S}{LM} + \frac{c}{2} + \frac{2h}{3}}$$

步驟 3. 若步驟 2 之二值比較結果，前者較大則調降 $\theta$ 值後，再重複步驟

2；若步驟 2 之二值比較結果，前者較小則調升 $\theta$ 值後再重覆步驟 2；直到步驟 2 之二個 $\theta$ 值相等，即為 $\bar{\theta}$ 。

步驟 4. 利用(4.3.5)目標函數，比較 $G_0(T_0^*)$ 與 $G_{\bar{\theta}}(T_{\bar{\theta}}^*)$ ，再利用(4.4.1)即得 $\theta^*$

$$\text{如} \begin{cases} \theta^* = 0, & \text{若 } G_0(T_0^*) \geq G_{\bar{\theta}}(T_{\bar{\theta}}^*) \\ \theta^* = \bar{\theta}, & \text{若 } G_0(T_0^*) < G_{\bar{\theta}}(T_{\bar{\theta}}^*) \end{cases}$$

從推論 4.4 之(I)得知：當政府檢驗食品廠商是否違法之間隔時間內 $L$ 愈小，或每次檢驗樣本數 $S$ 愈大，或邊際罰金函數 $g'(\theta)$ 增加，或廠商單位存貨成本 $h$ 愈大，或成本 $c$ 愈高，或同業食品廠商數 $M$ 愈小；皆會愈支持不等式(4.4.6)成立，因而愈支持食品廠商不違法(即 $\theta^* = 0$ )。最佳解 $\theta^*$ 與 $T_{\theta^*}^*$ 性質，及其對環境參數的敏感度分析，可進一步由圖 4.3 及(4.4.7)獲得。

## 4.5 本章結論

近年來台灣的食品安全問題，層出不窮。其禍害所及不僅影響全台人口的健康，且影響的時間長度長達數十年。此為前所未有的嚴重社會動盪現象，甚至是造成今年國家執政黨選舉全面失敗的主要原因之一。此為本章的研究背景，也是本章欲探索的問題狀況。

過去有關存貨模式的論文，通常只探討價格 $p$ 、成本 $c$ 、整備成本 $A$ 、儲存成本 $h$ 、有效期限 $l$ ，對庫存週期 $T$ 的關係與影響，並沒有討論關於食品添加物 $\theta$ 對庫存週期 $T$ 影響的存貨模式。可是最近的食物安全風暴發現，食品廠商為了影響消費者的購買意願，會刻意添加不合法的食品添加物，來誤導消費者的購買意願與選擇。為了遏止不肖廠商這樣的不良

行為，因此將其存貨問題製作成可以具體討論的數學模式，將食品添加物帶入庫存週期的模式，經本章數學推導得本模式最佳解 $T_{\theta}^*$ 如推論 4.4 所示。

此問題狀況的核心內容在於：食品業者在追求利潤及同業分食市場競爭下，於食品正常成份中，添加危害人類健康物質。部分食品業者或食品產銷企業添加前述危害健康物質之目的是為了延長食品的效期(如添加防腐劑等)。本研究欲分析食品廠商為延長食品效期，添加非法食品添加物的行為模式，使政府衛生單位得依此規劃相關措施，得到稽核食品安全問題的最佳解。其中相關措施包含：對違規食品廠商施予罰款之處罰函數的設計(如模式(4.3.5)之 $g(\theta)$ )；隨機抽驗食品是否安全的抽驗頻率(如模式(4.3.5)之 $L$ )；每次抽驗的廠商數(如模式(4.3.5)之 $S$ )，達到在給定稽核預算下，遏止或減輕食品廠商甘冒風險違法之程度。前述政府行政手段效果如何，當然會與食品廠商所面臨的市場環境狀況有關。這些環境狀況至少包含：此食品的市場需求函數(如模式(4.3.5)之需求函數 $a - bp$ )；消費群體對食品效期的在乎程度；食品廠商之單位存貨成本(如模式(4.3.5)之 $h$ )；食品廠商的整備成本(如模式(4.3.5)的 $A$ )；同業食品廠商數(如模式(4.3.5)的 $M$ )等，本章的研究貢獻之一是將錯綜複雜的食品安全問題變數關係，製作成可具體討論的型態。追尋模式最佳解之步驟，並依據最佳解的性質則是本研究的主要內容(詳如推論 4.1 至推論 4.5 內容)。如果政府前述行政手段，能逼迫食品廠商在利潤最大化下不願在食品原成份中添加危害健康物質(如推論中之 $\theta^* = 0$ 的情形)，則對消費者而言，此行政手段當屬有效；惟在前述政府行政手段有效之前提下，如何讓政府所付出行政成本最小化，則是政府衛生單位須考慮的問題，而本研究對此問題提供了必要的答案。



## 第五章 結論與建議

本研究以食品效期是如何影響消費者每次購買量作為研究的起點。其次是，站在食品廠商的立場，不考慮食品含違法添加物情況下，構建利潤最大化之新鮮性產品的存貨模式。最後是，在新鮮性產品存貨模式中，增加政府衛生單位進行衛生稽查相關因素；分析食品廠商為延長食品效期、反應稽查而添加非法食品添加物行為；使政府衛生單位得到稽查食品安全的最佳解。

### 5.1 結論

政府衛生單位規定食品廠商在食品包裝上須提供的資訊眾多，本文僅以食品有效被使用的時間長度，是如何影響消費者購買行為作為分析的起點。由於產品製造者與產品消費者對於產品食用或使用之安全性評估的資訊不對稱，使得消費者往往只能憑藉自己對產品的潛在需求，以及產品的製造日期與有效使用的截止日期，間接衡量在當時價格下購買產品之最適購買量。因此；

模式 1 的問題背景，是將過去以新鮮性為名之產品區分為下列三類。第一類是具隨機需求且銷售時間為未來某一時點之報童問題。第二類是被稱為會量變的「退化性」產品。而本文則是將會質變的新鮮效性產品，定義為第三類產品。此第三類新鮮性產品，在不考慮廠商在食品中違法添加被罰情況下；本研究將其存貨問題製作成可具體討論模式，並展示於本文第三章。從第三章之食品廠商單位時間成本最小化的最佳存貨週期(參見圖 3.2 之  $T^*$ )，得知它對各參數變動的敏感度分析如下：

1. 最佳存貨週期會隨整備成本增加而增加。
2. 最佳存貨週期不大於其被有效使用時間上限之 75%，最佳存貨週期會隨單位儲存成本增加而減少。
3. 最佳存貨週期 $T^*$ ，會隨產品使用效期增加而增加之充要條件為
 
$$T^* < \sqrt{\frac{2A}{(a-bp)h}}。$$
4. 最佳存貨週期 $T^*$ ，會隨單位生產或進貨成本增加而增加。
5. 最佳存貨週期 $T^*$ ，會隨需求上限增加而減少。
6. 最佳存貨週期 $T^*$ ，會隨需求函數斜率增加而增加。

由上亦可得知食品效期愈長，消費者每次購買量會愈增加，以降低消費者交易成本。食品廠商為了能在食品市場上增加競爭力，考慮如何增加食品效期自然成為其企業致力的目標。近年來台灣食品安全問題層出不窮；其禍害所及不僅影響全台人口的健康，且影響的時間長度長達數十年。此為前所未有的嚴重社會動盪現象，甚至是造成今年國家執政黨選舉全面失敗的主要原因之一。食品安全問題大部分來自於，食品產銷企業為追求最大利益或符合市場需求，在食品製造或儲存過程中，添加了非法成份或以劣質品混充優質品之不正當的作為。此為本章的研究背景，也是本章欲探索的問題狀況。過去有關存貨模式的論文，通常只探討價格、成本、整備成本、儲存成本、有效期限，對庫存週期的關係與影響，並沒有討論關於食品添加物對庫存週期影響的存貨模式。可是最近的食品安全風暴發現，廠商為了影響消費者的購買意願，會刻意添加不合法的食品添加物，來誤導消費者的購買意願與選擇。

模式 2 是在考慮廠商在食品中違法添加會被罰情況下，站在食品廠商立場（追求單位時間利潤最大），分析食品廠商會在食品中違法添加的

程度。利用此分析結果，使政府衛生單位得規劃最佳食安稽核措施。其研究結果展示於本文第四章。此模式可協助政府衛生單位了解：食品廠商違法添加物質比率 $\theta$ 多寡，應與罰款額度 $g(\theta)$ 之間具有何種關係。食品廠商反應違法添加罰款函數 $g$ 的最佳違法添加率關係式如(4.4.7)。

## 5.2 建議

本研究對於食品安全問題的探討，僅限於考慮食品含違法添加物情況下，構建利潤最大化之新鮮性產品的存貨模式。本節依據研究結果提出相關建議，供食品廠商及政府作為未來發展之參考依據。

### 5.2.1 對食品廠商的建議

在開放市場下，企業競爭趨烈與顧客導向的市場方針及消費者意識高漲，食品廠商需決定最佳策略以增進交易效率，以提升消費者購買。依我們研究顯示：促進食品交易因素重要性，排序第一的是產品的標準化程度，排序第二的是產品效期，排序第三的是技術複雜度，排序第四的是通路取得難易程度。此外，在考慮食品效期，但不考慮其違法添加被罰的情況下，食品廠商最佳存貨週期將如(3.3.7)及(3.3.8)式所示。其中，最佳存貨週期與諸參數有下列關係：

1. 食品最佳存貨週期隨整備成本增加而增加。
2. 當最佳存貨週期小於其被有效使用時間上限之四分之三時，最佳存貨週期必隨單位儲存成本增加而減少。
3. 當食品單位生產或進貨成本越大，越支持最佳存貨週期隨之增加。
4. 當食品需求上限增加時，最佳存貨週期隨之減少。

5. 當食品需求函數斜率增加時，最佳存貨週期隨之增加。

### 5.2.2 對政府的建議

從最近的食品安全風暴發現，食品廠商為了影響消費者的購買意願，會刻意添加不合法的食品添加物，來誤導消費者的購買意願與選擇。政府有意在立法與制度執行上為人民的健康把關，但政府衛生單位在進行食品抽查檢驗時，仍會發現下列問題：若全體食品皆檢驗則雖食安成效最佳，但卻耗時耗力不符合經濟效益；若食安抽查之樣本數過少，則會造成不肖食品廠商有機可乘而違法添加。故政府有必要瞭解：食品廠商是如何為延長食品效期，而添加危害健康添加物的行為。

本文推論 4.4 與推論 4.5 提供了上述問題部分答案。其中從(4.4.6)與(4.4.7)得知：當食品廠商所面臨的環境參數之單位食品成本 $c$ ，需求函數斜率 $b$ ，單位存貨成本 $h$ 皆相對減少，或其需求率上限 $a$ 相對增加；則愈支持不等式(4.4.7)成立，故這些食品廠商在其食品中添加危害健康成分之可能性將相對增加。這表示，政府衛生單位在進行食品抽查檢驗的時候，不應將所有食品廠商當作母體隨機抽樣，而應依各別食品廠商所面臨參數值大小分層抽樣。概因政府衛生單位食品檢驗目的，在於找出違法添加的食品廠商；因此違法添加可能性較高的食品廠商，應優先被食品檢驗。雖然有些食品廠商寧願利潤減少，也不願在其食品違法添加；但利潤導向食品廠商卻不是如此。本文推論 4.4 已證明：一完全利潤導向食品廠商，若其所面臨的環境參數滿足不等式(4.4.7)，則他必會在其食品違法添加。這就是為何稱滿足不等式(4.4.7)食品廠商為：違法添加可能性較高的食品廠商的原因所在。

## 參考文獻

1. 經濟部(民 100)，經濟部工業產品分類(第 15 次修正)，台北：經濟部統計處。
2. Anvari, M. (1987), Optimality Criteria and Risk in Inventory Models: the Case of the Newsboy Problem, Journal of the Operational Research Society, Vol.38, pp.625-632.
3. Arkes, H. R. & Blumer, C. (1985), The Psychology of Sunk Cost, Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol.35(February), pp.124-140.
4. Blackwell, R. D., Miniard, P. W. & Engel, J. F. (2001), Consumer Behavior (10nd ed.), New York: The Dryden Press.
5. Borzel, T. & Risse, T. (2005), Public-Private Partnerships: Effective and Legitimate Tools of International Governance? In Edgar and Louis W. Pauly (eds.), Complex Sovereignty: On the Reconsttution of Political Authority in the 21st Century, pp.195-216.
6. Chang, H. I., Chen, P. Y. (2008), An Optimal Demand Function Constructed by Consumer Willing-to-Pay Price and Transaction Cost, International Journal of Information and Management Science, Vol. 19, No.4, pp.601-620.
7. Chen, M. S. & Chuang, C. C. (2000), An Extended Newsboy Problem with Shortage-level Constraints, International Journal of Production Economics, Vol.67, pp.269-277.
8. Chen, M. S. & Lin, C. Y. (2016), The Performance Study of Food Supplier's Path via Grey Relation Grade, Journal of Grey System, Vol.19, No.1, pp.41-50.
9. Chiang, K. & Dholakia, R. R. (2003), Factors Driving Consumer

- Intention to Shop Online: An Empirical Investigation, Journal of Consumer Psychology, Vol.13, No.1/2, pp.177-183.
10. Chung, K. H. (1990), Risk In Inventory Models: the Case of the Newsboy Problem – Optimality Conditions, Journal of the Operational Research Society, Vol.41, pp.173-176.
  11. Chung, K. J. & Lin, S. D. (2011), The Inventory Model for Trade Credit in Economic Ordering Policies of Deteriorating Items in a Supply Chain System, Applied Mathematical Modeling, Vol.35, No.6, pp. 3111-3115.
  12. Coase, R. H. (1937), The Nature of the Firm *Economica*, New Series, Vol.4, No.16, pp.386-405.
  13. Douillet, P. L. & Rabenasolo, B. (2008), Robustness Analysis of Stochastic Inventory Systems Using the Newsboy Model, Production Planning and Control, Vol.19, No.2, pp.160-170.
  14. Dye, C. Y. & Chang, H. J. (2007), Purchase - Inventory Decision Models for Deteriorating Items with a Temporary Sale Price, International Journal of Information and Management Sciences, Vol.18, No.1, pp.17-35.
  15. Dye, C. Y., Ouyang, L. Y. & Hsieh, T. P. (2007), Inventory and Pricing Strategies for Deteriorating Items with Shortages: a Discounted Cash Flow Approach, Computers & Industrial Engineering, Vol.52, No.1, pp.29-40.
  16. Haji, M. & Darabi, H. (2010), A Single-Period Inventory Model with Inventory Update Decision- the Newsboy Problem Extension, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol.47 , No.5-8, pp.755-771.
  17. Henson, S. & Caswell, J. (1999), Food Safety Regulation: An Overview of Contemporary Issues, Food Policy, Vol.24, No.6, pp.589-603.

18. Kotler, P. (2003), Marketing Management, (9nd ed.), USA: Prentice Hall.
19. Law, M. T. (2005), How Do Regulators Regulate? Enforcement of the Pure Food and Drugs Act, 1907-38, Journal of Law, Economics, and Organization, Vol.22, No.2, pp.459-89.
20. Liang, T. P. & Jin S. H. (1998), An Empirical Study on Consumer Acceptance of Products in Electronic Markets: A Transaction Cost Model, Decision Support Systems, Vol.24, pp.29-43.
21. Martinez, M. G., Fearne, A., Caswell, J. A. & Henson, S. (2007), Co-Regulation as a Possible Model for Food Safety Governance: Opportunities for Public-Private Partnerships, Food Policy, Vol.32, No.3, pp.299-314.
22. Ouyang, L.Y., Yang, C. T. & Yen, H. F. (2009), Optimal Order Policy for Deteriorating Items in Response to Temporary Price Discount Linked to Order Quantity, Tamkang Journal of Mathematics, Vol.40, No.4, pp.383-400.
23. Scholz, J. (1984), Cooperation, Deterrence, and the Ecology of Regulatory Enforcement, Law & Society Review, Vol.18, No.2, pp.179-224.
24. Scholz, J. & Gray, W. B. (1997), Can Government Facilitate Cooperation? An Informational Model of OSHA Enforcement, American Journal of Political Science, Vol.41, No.3, pp.693-717.
25. Sen, S. & Block, L. G. (2009), Why my Mother Never Threw Anything out: The Effect of Product Freshness on Consumption, Journal of Consumer Research, Vol.36, No.1, pp.47-55.
26. Shih, W. (1973), A Note on Bayesian Approach to Newsboy Inventory Problem, Decision Sciences, Vol.4, pp.184-189.
27. Smed, S. & Jensen, J. D. (2005), Food Safety Information and Food

- Demand, British Food Journal, Vol.107, No.3, pp.173-186.
28. Smith, D. & Riethmuller, P. (1999), Consumer Concerns about Food Safety in Australia and Japan, International Journal of Social Economics, Vol.26, No.6, pp.724-740.
  29. Tsiros, M. & Heilman, C. M. (2005), The Effect of Expiration Dates and Perceived Risk on Purchasing Behavior in Grocery Store Perishable Categories, Journal of Marketing, Vol.69, No.2, pp. 114-129.
  30. Wells, W. D. & Prentsky, D. (1996), Consumer Behavior, New York: John Wiley and Sons Inc.
  31. Wendler, F. (2008), The Public-Private Regulation of Food Safety through HACCP: What Does It Mean for the Governance Capacity of Public and Private Actors? In Connex Report Series No.6: European Risk Governance- Its Science, its Inclusiveness and its Effectiveness, University of Mannheim, Germany, pp.223-256.
  32. Williamson, E. (1985), The Economic Institutions of Capitalism, New York: Free Press.
  33. Yu, J. C. P. (2010), Optimal Deteriorating Items Inventory Model with a Three-echelon Supply Chain Strategic Alliance, Asia-Pacific Journal of Operational Research, Vol.27, No.6, pp. 693-711.