

基於保兌倉模式下的生鮮零售商訂單決策研究

郎宇晴，何麗鷗，黃秀賢，黃宣語，唐華軍*

(澳門科技大學商學院，澳門)

摘要：隨著線上新零售的出現，線下零售商在迎接挑戰的同時也遇到了不少痛點，如生鮮產品易腐易變質、生鮮供需易分散、冷鏈中斷和缺失等，嚴重制約了其發展，其中許多中小型生鮮零售商常常面臨資金流斷裂、融資難等問題而倒閉的局面。為了解決中小型企業短期資金不足的問題，金融機構如銀行聯合供應鏈核心企業以及第三方物流企業，推出了供應鏈融資解決方案。本文基於供應鏈金融思想，考慮到生鮮產品作為易變質產品的特殊屬性，分別討論了生鮮零售商在自有資金充足時以及自有資金不足時採取保兌倉融資方案下的最優打折時點與訂貨決策。本文進一步研究了敏感性分析，探析了產品打折時間點對於生鮮零售商最優利潤和最優訂貨量的影響，從而為生鮮零售商提供科學合理的決策參考。

關鍵詞：供應鏈金融；保兌倉；生鮮零售；決策優化；敏感性分析

Study of Retailer Order Decision of Fresh Products with Confirming Warehouse Financing

Yuqing LANG, Liou HE, Xiuxian HUANG, Xuanyu HUANG, Huajun TANG*

(School of Business, Macau University of Science and Technology, Macau, China)

Abstract: With the emergence of new online retailing, offline retailers encounter the challenges such as deterioration of fresh products, dispersed supply and demand, interruption of cold chain, and so on, which seriously restricts its development. Many of these small and medium-sized retailers often have poor capital flow, and financing difficulty. In order to solve the financing problem and improve the capital flow in the supply chain of small and medium-sized enterprises (SMEs), financial institutions such as banks, core enterprises of supply chain, and the third party logistics (3PL) put forward the innovative supply chain financing (SCF). Based on the thought of SCF, taking into account the special feature of fresh products, this study investigates the optimal discount time and order decision of retailers under the two cases: sufficient capital flow and confirming warehouse financing. Furthermore, this work makes sensitivity analysis on the effects of discount time on the optimal profit and optimal profit. This study provides the scientific and reasonable decision support for the retailers of fresh products.

Keywords: Supply chain financing; confirming warehouse; fresh retailing; decision optimization; sensitivity analysis

0 前言

據前瞻產業研究院發布的《2018-2023 年中國生鮮 O2O 行業解決方案與投資策略規劃報告》，

2012 年以後的交易額的增速保持在約 6.5%，截至 2017 年，我國生鮮市場的交易規模更是高達 1.79 萬億人民幣，同比增長了 6.5%，生鮮一躍成為了零售行業中備受關注的存在。2016 年以來，出現

收稿日期：2020-03-18；修訂日期：2020-04-22。

通訊作者：唐華軍，男，博士，澳門科技大學商學院副教授，博士生導師，主要研究方向：供應鏈管理、交通優化與綠色物流。
E-mail: hjtang@must.edu.mo, Tel: 00853-88972874

了阿裏的“盒馬鮮生”、永輝的“超級物種”等線上新零售物種。作為傳統的線下零售模式在面臨新零售這一嶄新的商業模式帶來的強大挑戰時，嘗試以線下為主體，穩定線下顧客滿意度和忠誠度，發揮門店內購買，全方位消費體驗的優勢，同時借助線上導流，再次奪回大眾的目光。在生鮮零售行業蓬勃發展的背後卻也遇到了不少痛點，如生鮮產品易腐爛易變質、供給和需求不平衡、冷鏈物流體系不完善等，都影響了線下零售業的發展，以至於許多中小型生鮮零售企業都面臨著因資金不充足、融資難等問題而倒閉的局面。而且中小型的生鮮零售商普遍處在資信等級較低、擔保機制不是十分健全以及缺乏固定資產，銀行往往會減少對其的貸款額度，這導致中小型生鮮零售商得不到充足的信貸資金的支援。此外，生鮮零售商往往實行“提前支付折扣”、“延長支付賬期”和“使用賒銷結算”等方式，但是卻往往達不到預期目標。得不到及時的貨款、積壓的賬單、資金會使得此壓力往上下遊疊加，造成牛鞭效應，與整條供應鏈的總體利益相沖突。

為了解決中小企業的供應鏈中資金鏈梗阻以及優化資金流的問題，銀行等金融機構聯合供應鏈核心企業、第三方物流，推出了新型的供應鏈融資方案。供應鏈融資相比傳統融資管道，更易幫助中小型企業獲得資金，這使得其成為目前大受歡迎的融資方式。供應鏈融資以核心企業為擔保，對中小型企業進行授信，彌補了中小型企業授信的空白，為其供應鏈的運營注入了資金，盤活了資金流、動產、存貨和應收賬款等資產。

供應鏈金融是指為了適應供應鏈各個環節上的資金需要，而開展的資金與相關服務定價與市場交易活動^[1]。主要通過金融機構、類金融機構或以經營貿易業務的間接方式，提供的金融類產品及服務，主要有以下三種模式^[2]，流程（見附錄-圖1）。

（1）採購階段的保兌倉模式

保兌倉，屬於供應鏈金融中的預付款融資模式^[3]，該模式採用多種信用增級方式，降低了企

業和銀行之間的資訊不對稱，有效地解決了中小企業融資難的問題。通過供應鏈金融保兌倉模式進行融資，即上遊核心企業如供應商與下遊中小企業如零售商簽訂購銷和回購合同，但其提貨和發貨的權利是由銀行控制，零售商用指定倉庫的既定倉單，去向銀行申請質押貸款，一般指定的倉庫由獨立的物流企業提供。

保兌倉模式適用於上遊供應商回購條件下的採購。正如林強等^[4]認為，相比於傳統融資渠道，保兌倉模式下的融資能增加供應鏈上下遊的收益，優化整體的供應鏈。在該模式下，上遊供應商根據合同對下遊零售商未售出的商品實施一定的經濟補償，比如進行殘值回收。此時，上遊供應商在一定程度上保護了下遊零售商的利益，從而穩固了合作夥伴的忠誠度，達到反哺的效果。

（2）運營階段的融通倉模式

一般情況下，中小型企業固定資產比例往往較小，動產比例較大，基本上利用不動產貸款，是很難獲得高金額的抵押貸款，因而可通過存貨融資模式即融通倉模式。銀行交託物流企業，首先對中小型企業提供的動產進行價值評估，如果滿足質押條件，銀行通過貸款並敲定額度，完成質押合同、回購合同、倉儲監管合同。

（3）銷售階段的應收賬款融資模式

應收賬款^[5]一般指企業對外賒銷產品、勞務等而形成的應向對方收取而未收取款項的流動資產。而應收賬款融資模式則指使用未到期的應收賬款來向金融機構如銀行申請融資的模式。處於供應鏈上遊的中小型企業常常出現無法及時收到下遊貨款的情況，此時，中小型企業可用未到期的應收賬款向銀行辦理融資業務。此時，核心企業成為反擔保的角色，若有違約行為或合同中斷，核心企業將依照合同承諾來補償銀行後續的虧損。其具體的運作模式如下。

首先，核心企業向中小型企業發出應收賬款單據，成為這段交易關係中的債務人^[6]。其次，中小型企業向銀行申請質押貸款，依靠的就是應收賬款憑據。接著，核心企業便向銀行出具應收

賬款證明。然後，銀行資質審核通過後，貸款給中小型企業^[7]。最後，等到核心企業銷售產品，收到貨款後，再將預付賬款的金額支付到銀行指定的賬號。從中小型生鮮零售商的角度來說，保兌倉模式的週期短、頻率高，適合於生鮮品補貨頻繁的特點，有效地解決了零售商資金不足的困難，從而保障了貨源的供應通暢。^[8]

本文基於供應鏈金融思想，考慮到生鮮產品作為變質產品的特殊屬性，分別討論生鮮零售商自有資金充足時及自有資金不足時採取保兌倉融資方案的最優訂貨決策，從而為生鮮零售業提供科學合理的決策支持。

1 文獻綜述

為便於清晰表述，以下分別從供應鏈金融、生鮮產品訂貨、定價及其融資模式與決策等四方面進行文獻綜述。

1.1 供應鏈金融研究

供應鏈金融是銀行將核心企業與上下游企業連接起來，解決中小企業融資困難的一種新的融資模式。

(1) 國外相關研究

國外較早地提出和研究供應鏈金融。國外學者一般將“Supply chain finance (SCF)”或“Financial Supply Chain Management(FSCM)”稱為供應鏈金融。Cronin^[9]認為在未來的金融服務行業中，電子商務將會是一個不可或缺的重要領域。Camerineri^[10]認為供應鏈金融就是以金融機構為中心，金融機構給連鎖的企業提供一系列的產品和服務。傳統的供應鏈管理重視資訊流動和貨物流動的管控，但供應鏈金融卻是強調資金在組織間集成和優化，最終共同創造價值^[11]。Randall和Farris^[12]提出依賴於協助是供應鏈金融的優點，供應鏈的參與者通常會用降低債務成本來獲取貸

款的機會或減少供應鏈的運營資金的方法來讓整條供應鏈提高信任、承諾以及盈利水準。而在解決中小企業融資方案的研究之中，Urquhart^[13]是最先研究其融資額方案，並深入分析其運作的過程。在此之後，Wuttke等^[14]證實了供給鏈金融能夠延長零售商的支付時間以提高整體績效。並且運用擴散模型推導出企業引進鏈條金融的最合適時機和最優的營運決策供企業參考。在此基礎上，Cavenaghi^[15]論證了利用實時不斷更新的數據加速資金的流通是供應鏈金融的核心；通過協力廠商資訊平臺的溝通，可以大大縮短供應需求這雙方間資金在銀行中轉的週期問題，對於銀行來說，也減弱了貸款的風險。而Yang和Birge^[16]則是從風險分擔的方面出發，研究了貿易信用的重要性，證實了貿易徵信在庫存融資中是十分重要的融資通道。Kouvelis和Zhao^[17]研究的則是：對於存在破產成本的前提下，資金約束供應鏈融資之時如何協調的相關問題。

(2) 國內相關研究

國內學者對供應鏈金融的研究與國外相比起步較晚。胡躍飛和黃少卿^[1]是最先提出供應鏈金融的概念該如何界定的學者。博弈分析則是柳鍵、馬士華聯手合作得出不同契約下的均衡結果和結論^[1]。在某些定性的研究領域，楊德禮等學者^[18]通過分析與總結後得出了幾種典型供應鏈契約的基本數學模型。張蔚虹等^[19]闡述開展供應鏈融資的兩種主要運作模式——供應商全程融資與經銷商全程融資，及其匹配的融資產品；就供應鏈中的核心企業和中小企業的融資問題，提出了新的思路和新方法。張佳卉^[20]剖析了供應鏈融資在不同角色下的不同策略：供應商的應收賬款策略、製造商的存貨質押策略和分銷商的預付賬款策略，且對供應鏈融資策略造成影響的因素進行了論證。劉兆瑩和戴誌遠等^[21]從企業自身、銀行、資本市場三個方面分析，中小型企業財務不健全、抵押擔保不足、我國金融市場體系不完善等原因造成了中小企業融資困難的問題。並提出資產證券化模式；對中小型企業應收賬款的證券化進行了可

行性分析。商業貿易流通業根據其產業鏈的位置，具備了進行供應鏈融資的天然基礎，經過多年的供應鏈融資為商業貿易流通業融資難的問題提供了成熟的業務模式和經驗。凡俊^[22]對選擇了內部融資或外部融資均可以為在供應鏈環節中的商貿流通的企業產生最大的利益進行了分析；同時強調了供給鏈的融資的重要性。而現如今，線上供應鏈金融日趨發展完善，塗祥和宋平^[23]認為線上的模式能夠提高融資的成功率，降低交易的成本，提高資金的周轉效率，線上化是大勢所趨，而這一趨勢的主導者則不再是傳統意義上的金融機構或者是核心企業，主體將會更加的廣泛。此後，劉伶蕾^[24]提出在現在的大數據背景之下，供應鏈金融可以有效解決企業面臨融資難的問題，把區塊鏈的技術和供應鏈金融相結合，如若二者協同發展則能夠有效控制供應鏈金融領域的風險。

1.2 生鮮產品供訂貨研究

（1）國外相關研究

Ishii 和 Nose^[25]根據產品的不同程度的變質情況，將其分為兩種類型：（1）高優先級；（2）低優先級，針對不同類型的產品給出不同的定價策略，並在這個基礎上研究零售商的最優訂貨模型。Ishii 和 Nose^[25]根據產品不同程度的變質率，把它們分為兩種類型：高優先級和低優先級；定價策略和零售商的最優訂貨模型均是依據不同類型的產品給出的。Abad^[26]把商品變質率作為考慮因素，為零售商提供最優定價和訂貨策略。Parker^[27]等對電子商務能否促進生鮮品的供應鏈提高透明化，以方便對其進行管理進行了實例論證。

（2）國內相關研究

陳軍等人^[28]在考慮生鮮產品在流通期間會有所損耗的情況之下，引入生鮮度的因素，建立了變質庫存模型，以降低損耗為目標，研究在不同折扣下的最優訂貨策略。賈濤等^[29]基於供應商和零售商之間一部分貸款延期交付是被允許的前提

下，對有腐壞率是一個常數的產品建立了經濟訂貨批量的決策模型。而陳淮莉和韓偉^[30]論證了隨機的需求下，生鮮品的多個週期訂貨批量和有所損耗的產品的折扣力度進行了研究；不僅僅考慮了單一產品，同時也考慮了可能存在替代關係的產品的情況下，為有保質期約束的生鮮品建立了多週期訂貨批量模型，並站在從零售商的角度給予最優訂貨批量和最優的折扣價的建議。趙菊花^[31]在考慮生鮮品有庫存總成本的情況下，運用經典的經濟訂貨批量模型來確定最優的訂貨量和合理的庫存數量。紀賢兵等^[32]引入庫存變質率的變量，建立了多週期生鮮產品的 EOQ 模型，並得出零售商的最優訂單決策。而仇戈與吳勝^[33]則是利用指數函數的模型來闡釋生鮮品的新鮮度會隨時間的增加而減小這一關係。

1.3 生鮮產品定價研究

（1）國外相關研究

Bhattacharjee 和 Ramesh^[34]建立了動態的規劃模型為易腐爛的產品得出利潤最大化，並設計了啟發式演算法以推導出訂貨量和價格。Qin 等^[35]探討發現生鮮產品的市場需求與其質量、價格以及庫存狀況相關，在考慮運輸途中或是保存的過程中質量會發生變化的條件下，研究了生鮮產品零售商如何制定最佳的售價和訂貨的策略。生鮮品通常來說都會考慮到庫存和新鮮度，Feng^[36]表示鼓勵消費者購買可以通過新增庫存展示，並構建了與價格、新鮮度和庫存展示相關多個變量的庫存模型。

（2）國內相關研究

陳軍等人^[28]基於零售商有一定的需求量和以利潤最大化為目標，添加了影響降價的因素，對不同情況下產品的價格的問題進行了討論。在此基礎上，李琳和範體軍^[37]針對生鮮產品的特殊性質，建立三種模式（固定的價格、動態的價格、會降價的價格）下單週期零售商的最優訂貨策略。

在定價策略這一方面，常麗娜^[38]在競爭的定價方法上建立了定價模型。

1.4 基於供應鏈金融生鮮品的模式和決策研究

國外這方面的研究較少。Hahn 等^[39]假設基於回購合同的前提下，對折扣影響生鮮零售商的定價和訂貨策略進行研究。國內該方面的研究相對較多。例如，韓明輝^[40]對農業企業的採購、營運以及銷售期間的供應鏈金融模式（保兌倉融資，融通倉融資和應付賬款融資）進行分析。而李巍^[41]提出了應收賬款融資、保兌倉融資和融通倉融資這三種供應鏈金融模式。陳小梅^[42]詳細解釋了應收款訂單質押融資模式和存貨質押融資模式。劉秀麗^[43]指出了倉單融資、回購合同、保理和方向保理是農業供應鏈金融的四個主要模式，它們均可以緩解中小生鮮企業在營運過程中的融資難的問題。劉傑^[44]不僅分析了生鮮品 O2O 供應鏈金融模式，同時也運用 Shapley 值法對比了供應鏈金融模式和傳統的融資模式兩者之間的收益差。焦貝貝與鄭風田^[8]研究是否參與保兌倉融資會對供應鏈中生鮮產品零售商的最優訂貨策略和利潤有所影響。林強^[45]等證實了採用保兌倉融資可增加零售商的訂貨量，同時還可以提高供應商的利潤和提高供應鏈的績效。嚴暢^[46]考慮了應收賬款的模式和生鮮產品的特殊性質，對中小型企業沒有資金約束、有資金約束時不進行融資與有資金約束的三種情況下，分別討論了應收賬款質押融資額度和不同情況下中小型生鮮企業最佳融資策略。

1.5 本文創新

現有文獻大多是聚焦於研究生鮮零售商的訂貨決策和供應鏈融資模式的選擇問題，但是現實中有很多小型的生鮮零售面臨日常的訂購決策、打折促銷策略、以及自有資金不足時採用供應鏈融資模式下的相應決策問題。本文正是基於這樣

的現實背景，考慮到生鮮產品的易變質性需要在適當的時間點進行打折促銷，研究當天最佳的打折促銷時點以及日常訂貨量，以及當生鮮零售商自有資金不足採用供應鏈融資方案時的最佳決策。

2 模型與分析

2.1 自有資金充足下的最優訂單決策

2.1.1 問題描述和假設

問題描述

目前，我國冷鏈物流技術不完善，多數生鮮產品隨意擺放在貨架上，在此過程中，生鮮零售超市難以控制顧客因隨意挑選和翻動帶來的損壞風險，導致隨著時間增長，人為損壞愈加嚴重，新鮮度快速下降，因此，構建新鮮度函數 $\theta(t) = \theta_0^{1-t}$ ^[28] 用來描述新鮮度的變化規律，其中 $0 < \theta \leq 1$ ，表示產品剛上架時的初始新鮮度。該函數可以描述出生鮮產品在最初時刻的最新鮮狀態（即 $t=0$ 時， $\theta(t)=1$ ）；是指時間 t 的單調連續遞減函數；根據普遍規律，如果生鮮產品的新鮮度較高且價格較低，顧客會傾向於提高購買數量，因此假設生鮮產品的需求率 $D(t) = (a - b_n \times p_n) \times \theta^{1-n}$ （註： a 表示市場潛在需求， b 表示價格對需求的敏感係數。）

零售商設定折扣時點主要參照存貨量和剩餘銷售時長，為此設折扣時點（降價的初始時刻） $t_i = (1 - k^i)T$ ，其中 $i=1, 2, \dots, n-1$ 。 n 表示銷售時段數，即零售商在銷售期 T 內提供 $n-1$ 次價格折扣； k 是時間分段因數， $0 < k < 1$ 。通過 k 的不同取值，能夠實現對銷售期的任意劃分^[28]。本文假設生鮮零售商每天只有 1 次打折。

假設

（1）零售商的自有資金滿足對生鮮農產品日

常需求的採購。

(2) 生鮮產品在出廠後立即上架，即日過了一段時間，顧客也難以分辨出新鮮度變化，故假設初始銷售時間段的新鮮度恒定為 θ 。

(3) 據市場調研，零售過程中主要的損耗來源於認為過度挑選，因此忽略了生鮮產品在非營業時間內自然變質造成的損耗。

(4) 零售商按需求訂貨，沒有庫存，故不計庫存成本等特點。

(5) 人為因素的多樣性和隨機性使得零售商難以預測後期的損耗情況，設每個銷售時段取其平均損耗率。

(6) 生鮮產品的殘值為 0。

相關符號釋義

c ：單位產品進貨成本

P_1 ：折扣前單位產品售價

P_2 ：折扣後單位產品售價

λ_1 ：折扣前銷售時間段的平均損耗率

λ_2 ：折扣後銷售時間段的平均損耗率

$Q_{(n)}$ ：提供 $n-1$ 次價格折扣的訂貨量

$R_{(n)}$ ：提供 $n-1$ 次價格折扣的總收益

$\pi_{(n)}$ ：提供 $n-1$ 次價格折扣的總利潤

基於上文關於生鮮零售商每天只有 1 次打折的假設， $n=2$ 。

2.1.2 模型構建

本文基於陳軍等人^[28]的多級折扣模型，導出零售商每天提供 1 次價格折扣時的利潤模型為

$$\Pi_{(2)} = p_1 \theta (a - b_1 p_1) (1 - k) T + \frac{1}{\ln \theta^{t_1}} p_2 \times (a - b_2 p_2) [(\theta^{t_1})^{kT} - 1] - c Q_{(2)}$$

其中

$$Q_{(2)} = -e^{(1-k)\lambda_1 T} \left[\frac{a-b_2 p_2}{\lambda_2 + \ln \theta^{t_1}} (1 - e^{K\lambda_2 T} (\theta^{t_1})^{kT} + \frac{a-b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1-k)\lambda_1 T} - 1)) \right]$$

由於 $t_1 = (1-k)T$ ，因此可得到關於時間分段因素 k 的利潤模型

$$\Pi_{(2)} = p_1 \theta (a - b_1 p_1) (1 - k) T + \frac{1}{(1-k)T \ln \theta} p_2 (a - b_2 p_2) (\theta^{(1-k)kT^2} - 1) + c * e^{(1-k)\lambda_1 T} \left[\frac{a-b_2 p_2}{\lambda_2 + (1-k)T \ln \theta} (1 - e^{k\lambda_2 T * \theta^{(1-k)kT^2}}) + \frac{a-b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1-k)\lambda_1 T} - 1) \right] \quad (1)$$

由此可得，當利潤關於 k 的一階導數為零以及二階導數為負時，可得到最優的時間分段因素 k 、相應的日訂貨量以及最優利潤，其中利潤關於 k 的一階導數為

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_2}{\partial k} = & -p_1 \theta (a - b_1 p_1) T \\ & + \frac{T \ln \theta}{[(1-k)T \ln \theta]^2} p_2 (a - b_2 p_2) (\theta^{(1-k)kT^2} - 1) + \\ & \frac{1}{(1-k)T \ln \theta} p_2 (a - b_2 p_2) \theta^{(1-k)kT^2} \ln \theta (1 - 2k) T^2 + \\ & \frac{-\lambda_1 T (a - b_2 p_2) c e^{(1-k)\lambda_1 T}}{[\lambda_2 + (1-k)T \ln \theta]^2} [\lambda_2 + (1-k)T \ln \theta - (a - b_2 p_2) c e^{(1-k)\lambda_1 T} T \ln \theta (1 - e^{k\lambda_2 T \theta^{(1-k)kT^2}})] - \\ & \frac{c e^{(1-k)\lambda_1 T} (a - b_2 p_2)}{\lambda_2 + (1-k)T \ln \theta} [\lambda_2 T e^{k\lambda_2 T} \theta^{(1-k)kT^2} + \\ & e^{k\lambda_2 T} \theta^{(1-k)kT^2} \ln \theta (1 - 2k) T^2] + \\ & c e^{(1-k)\lambda_1 T} (-\lambda_1 T) \frac{a-b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1-k)\lambda_1 T} - 1) + \\ & c e^{(1-k)\lambda_1 T} \frac{a-b_1 p_1}{\lambda_1} e^{-(1-k)\lambda_1 T} \lambda_1 T \end{aligned} \quad (2)$$

2.1.3 算例1

通過市場調研，以蝦為例進行優化分析，某生鮮超市從 06:00 開始營業，20:00 打烊，營業時間 $T=14$ 小時，假設新鮮度 $\theta=0.95$ ，打折前平均損耗率 $\lambda_1 = 0.02$ ，打折後平均損耗率 $\lambda_2 = 0.05$ ，市場潛在需求率 $a=50$ 斤 / 小時。 $b_1=0.1$ ， $b_2=0.5$ ， $c=10$ 。由於零售商只提供一次價格折扣，通過調查得折扣前 $p_1 = 100$ 元，折扣後 $p_2 = 80$ 元。通過優化分析得最優時間因數 $k = 0.107$ ，即最優打折時間為下午 18 時 30 分，最優訂貨量為 684 斤，最優利潤為 40385.8 元。

2.1.4 敏感性分析

本小節在算例 1 的基礎上，討論時間因數 k 的變化對最優訂貨量和利潤的影響。除了最佳時間因數為 0.107 之外，分析了時間因素分別為 0.08、

0.09, 0.11, 0.13 及 0.15 時的訂貨量和利潤。

表 1 反映了不同時間因數下的訂貨量和利潤。在未達 0.107 之前，時間因數越大，價格下降其面臨的需求变化不大，但零售商的最優總利潤隨之上升；在超過 0.107 之後，時間因素越大，意味著打折時間過早導致零售商的最優利潤隨之下降。

表 1. 不同時間因數下的訂貨量和利潤

k	Q	π
0.08	679	20049.6
0.09	682	30189.2
0.107	684	40385.8
0.11	685	37526.2
0.13	684	30189.2
0.15	679	20049.6

當零售商的自有資金不足時，本文採用了保兌倉融資模式。下面就零售商在保兌倉融資模式下的最優決策和最優利潤進行優化分析。

2.2 保兌倉模式下的最優訂單決策

2.2.1 問題描述和假設

問題描述

保兌倉是指供應商承諾向銀行退回承兌金額與發貨金額的差價或回購的前提下，向銀行申請以賣方在銀行指定倉庫的既定倉單為質押的貸款融資，並由銀行控制其提貨權為條件的業務模式^[47]。

關鍵是，供應鏈金融的特點在於整條供應鏈上的參與方可以統一獲得授信或者統一檢查授信，不僅公開且透明，而且可以實現槓桿採購。銀行以供應商和零售商簽訂購貨合同為基礎，合同中零售商的提貨權或在途存貨均可成為保兌倉模式下融資的擔保。零售商也要付出一定的義務，每次銷售收入都要優先償還貸款。零售商融得所需

資金，供應商可以批量銷售形成規模經濟，銀行獲得利息，多方共贏因此成就。^[48]

模式步驟：

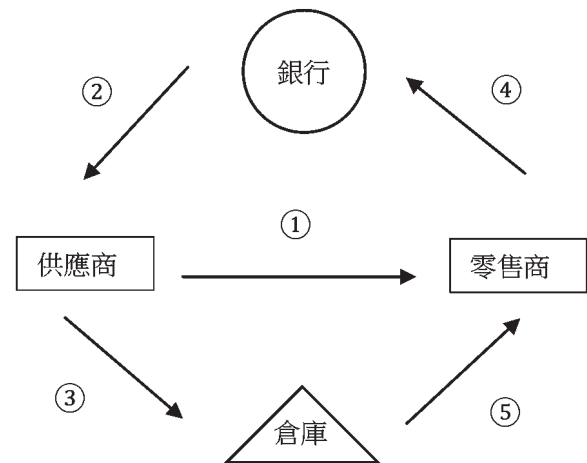
首先，供應商和零售商簽訂購貨合同，供應商和銀行簽訂回購合同；而零售商向銀行提交一定比例的保證金。

其次，金融機構開具票面金額為 $Q \times c$ 的銀行承兌匯票向供應商支付貨款，按照 r 的利率向零售商收取利息 $Q \times c \times r$ ，

接著，供應商收到匯票後向銀行指定的物流企業倉庫發貨，貨到倉庫後轉為倉單質押。

然後，每次零售商向銀行追加 $(1-w) \times Q \times c$ 的保證金，物流企業根據銀行的指令分批 $(1-w) \times Q$ 的票據貨即分批單次採購貨物的數量發貨，經零售商售完再次追加保證金。

最後，零售商獲得銷售收入，當市場需求量 $D < Q$ 時，零售商無法到期償還銀行敞口，則供應商負責以進貨價 c 向銀行回購剩餘庫存產品 $(Q-D)$ ；到期供應商到銀行將承兌價值為 $Q \times c$ 的銀行承兌匯票或提前貼現^[48]。



假設

(1) 生鮮零售商的自有資金不滿足對生鮮日常需求的採購，需要通過融資來解決問題。

(2) 除資金問題外，模型一的其餘假設在模型二中均成立。

(3) 供銷週期短，通常 6 個月以內，故不考慮資金時間價值。

(4) 零售商單位產品售價 P 應大於單位銀行利率與單位進貨價之和 $Cx(1+r)$ ，否則銷售無利可圖且不融資。

(5) 倉單質押率為：貸款本金 / 貨物市值，即 $w = (Qxc)/(Qxp)$ 。

(6) 採取保兌倉模式應滿足企業自有資金大於保證金數額，負責無法向銀行申請貸款融資。且票據貨要滿足上游供應商最低訂貨批量

相關符號釋義（已有的符號意義不變）

r ：銀行利率

w ：倉單質押率

$(1-w) \times Q$ ：票據貨

2.2.2 模型構建

採取保兌倉模式下，單次訂貨量為票據貨數量，因此根據模型 (1)，可得採取保兌倉模式時的利潤函數為

$$\begin{aligned} \pi_{(2)} = & p_1 \theta (a - b_1 p_1) (1 - k) T + \frac{1}{(1 - k) T \ln \theta} p_2 (a - b_2 p_2) (\theta^{(1 - k) k T^2} - 1) + \\ & c(1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} \left[\frac{(a - b_2 p_2)}{\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta} (1 - e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}}) + \right. \\ & \left. \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1 - k) \lambda_1 T} - 1) \right] + \\ & c r e^{(1 - k) \lambda_1 T} \left[\frac{a - b_2 p_2}{\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta} (1 - e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}}) + \right. \\ & \left. \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1 - k) \lambda_1 T} - 1) \right] \end{aligned} \quad (3)$$

類似地，當利潤關於 k 的一階導數為零以及二階導數為負時，可得到融資模式下最優的時間分段因素 k 、相應的日訂貨量以及最優利潤，其中利潤關於 k 的一階導數為

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi_2}{\partial k} = & -p_1 \theta (a - b_1 p_1) T \\ & + \frac{T \ln \theta}{[(1 - k) T \ln \theta]^2} p_2 (a - b_2 p_2) (\theta^{(1 - k) k T^2} - 1) \\ & + \frac{1}{(1 - k) T \ln \theta} p_2 (a - b_2 p_2) \theta^{(1 - k) k T^2} \ln \theta (1 - 2k) T^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & + \frac{-\lambda_1 T (a - b_2 p_2) c (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T}}{[\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta]^2} [\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta \\ & - (a - b_2 p_2) c (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} T \ln \theta (1 - e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}})] \\ & - \frac{c (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} (a - b_2 p_2)}{\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta} [\lambda_2 T e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}} \\ & + e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}} \ln \theta (1 - 2k) T^2] \\ & + c (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} (-\lambda_1 T) \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1 - k) \lambda_1 T} - 1) \\ & + c (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} e^{-(1 - k) \lambda_1 T} \lambda_1 T \\ & + \frac{-\lambda_1 T (a - b_2 p_2) c r (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T}}{[\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta]^2} [\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta \\ & - (a - b_2 p_2) c r (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} T \ln \theta (1 - e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}})] \\ & - \frac{c r (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} (a - b_2 p_2)}{\lambda_2 + (1 - k) T \ln \theta} (\lambda_2 T e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}} + e^{k \lambda_2 T \theta^{(1 - k) k T^2}} \ln \theta (1 - 2k) T^2) \\ & + c r (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} (-\lambda_1 T) \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} (e^{-(1 - k) \lambda_1 T} - 1) \\ & + c r (1 - w) e^{(1 - k) \lambda_1 T} \frac{a - b_1 p_1}{\lambda_1} e^{-(1 - k) \lambda_1 T} \lambda_1 T \end{aligned} \quad (4)$$

2.2.3 算例2

在算例 1 的基礎上，假設自有資金無法滿足採購資金，其他條件不變的情況下，如採用保兌倉融資方案， $r=4.4\%$ ， $w=50.7\%$ ，通過優化分析計算得最優折扣時間因數 $k=0.263$ ，即最優打折時間為 16 時 25 分，最優訂貨量為 232 斤，以及相應的最優利潤為 40698.9 元。

2.2.4 敏感性分析

對於保兌倉模式而言，融資利率 r 和倉單質押率 w 是影響生鮮农产品最优订货量和利潤的兩個關鍵因素。接下來對其分別進行敏感性分析。

表 2 反映了不同融資利率下的最優利潤。當倉單質押率 50.7% 固定時，融資利率未達 4.4% 之前，其最優利潤隨著融資利率的上升而緩慢上升，超過 4.4% 之後，對應的最優利潤因融資利率的上升而隨之下降。因而融資利率的高低對融資企業的利潤影響顯著。

表 3 反映了不同倉單質押率下的最優利潤和

最佳訂貨量。當固定融資利率為 4.4%，零售商倉單質押率越高，分批單次採購貨物的數量越少，相應的最優利潤隨之緩慢上升。但票據貨數量的減少可能無法滿足市場需求。因此倉單質押率不僅影響了零售商的訂貨數量和利潤，同時也影響了市場需求滿足率。

表 2. 不同融資利率下的最優利潤

r	π
0.040	40608.3
0.042	40671.7
0.044	40698.9
0.046	40689.5
0.048	40680.1
0.050	40670.7

表 3. 不同倉庫質押率下的最優利潤和訂貨量

w	π	Q
0.501	40670.7	234
0.504	40684.9	233
0.507	40698.9	232
0.510	40713.0	230
0.513	40727.1	229
0.516	40741.1	227

3 結論及未來研究

3.1 結論

本文建立了生鮮零售商在自有資金充足及自有資金不足時採用保兌倉融資模式下的最優打折與訂貨模型，將時間因素對零售商的最優利潤和最佳訂貨決策的影響進行了敏感性分析，並通過算例分析給出了零售商在自有資金充足以及不足下採用保兌倉融資方案的最佳訂購決策和最優利潤。

研究結果首先表明了當生鮮零售商自有資金不足時可採用保兌倉融資方案解決其短期資金不足的困難，同時通過優化決策達到最佳收益。

其次本文驗證了在自有資金充足情景下產品打折時間點的時間因子是影響生鮮零售最優利潤的關鍵因素。零售商的最優利潤可以通過在銷售期間的某個時間點進行打折銷售而實現。

再者本文還進一步表明了自有資金不足採用保兌倉融資模式下生鮮零售商的融資利率和倉單質押率是影響其最優利潤的關鍵因素。零售商最優利潤可以在融資利率區間的中間某個點上實現，並隨著倉單質押率的上升而上升。

本文的研究結果進一步豐富了供應鏈融資在生鮮零售行業的理論內容，同時給生鮮零售商在實務上提供了科學合理的打折時點、訂購和融資決策參考。

3.2 未來研究

在商業實踐中，保兌倉融資實施還存在一些潛在的問題，例如金融機構如何控制發貨的問題。另一方面，本文尚未考慮生鮮零售商違約以及破產的風險，這些潛在的問題有待後續進一步的研究。

致 謝

本研究得到澳門科技大學基金會編號為 FRG-19-033-MSB 項目的資助。

參考文獻

- [1] 胡躍飛, 黃少卿. 供應鏈金融: 背景、創新與概念界定[J]. 金融研究, 2009 (8): 194-206.
- [2] 李晨暉, 李俊霞. 農產品供應鏈的金融支持研究——基於供應鏈金融的角度[J]. 新農村, 2012(2): 210-211.
- [3] 巫卓宸. 供應鏈金融中保兌倉之特徵、操作模式及價值的探討[J]. 金融視線, 2017(2): 21-23.
- [4] 林強, 李苗. 保兌倉融資模式下收益共用契約的參數設計[J]. 系統科學與數學, 2013, 33(4): 430-444.

- [5] 許淑蘭, 呂春梅, 陸曉英. 現代企業信用體系與應收賬款管理分析[J]. 商情(財經研究), 2008, 2: 59.
- [6] 李國青. 供應鏈金融在商業銀行中小企業信貸中的應用研究〔J〕. 特區經濟, 2010 (1): 295-297.
- [7] 安娜. 大宗商品供應鏈金融運作模式及風險控制研究[D]. 吉林: 吉林大學, 2015.
- [8] 焦貝貝, 鄭風田. 保兌倉模式下生鮮農產品零售商最優訂貨策略分析——基於貝葉斯報童模型[J]. 研究了保兌倉融資模式下生鮮農產品零售商的貝葉斯報童模型[J]. 物流工程與管理, 2016, 38(1): 12-15.
- [9] Cronin, John E. Method of making stacked electrical device having regions of electrical isolation and electrical connection on given stack level, US5602051A, 1997.
- [10] Camerinelli E. Supply chain finance[J]. Journal of Payments Strategy & Systems, 2009, 3(2): 114-128.
- [11] Allen N Berger, Gregory F Udell. A more complete conceptual framework or SME financial world bank conference on small and medium enterprises: overcoming growth constraints, MC13-121, 2008 (10): 14-15.
- [12] Randall W, Farris T II. Supply chain financing: using cash-to-cash variables to strengthen the supply chain[J]. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2009, 39 (8): 669-689.
- [13] Hartley-Urquhart W.R. Supply chain financing system and method[P]. US: US6167385, 2000.
- [14] Wuttke D.A., Blome C., Heese H.S., et al. Supply chain finance: Optimal introduction and adoption decisions [J]. International Journal of Production Economics, 2016, 178: 72-81.
- [15] Cavenaghi E. Supply-chain finance: The new frontier in the world of payments[J]. Journal of Payments Strategy & Systems, 2014, 7(4): 290-293.
- [16] Yang S A, Birge J R. Trade credit, risk sharing, and inventory financing portfolios[J]. Management Science, 2018, 64(8): 3667-3689.
- [17] Kouvelis P, ZHAO W. Supply chain contract design under financial constraints and bankruptcy costs[J]. Management Science, 2016, 62(8): 2341—2357.
- [18] 楊德禮, 郭瓊, 何勇, 徐經意. 供應鏈契約研究進展[J]. 管理學報, 2006 (1): 117-125.
- [19] 張蔚虹, 王鑫, 宋盼. 基於核心企業視角的商業銀行供應鏈融資服務模式研究[J]. 西安電子科技大學學報(社會科學版), 2018, 28(2): 27-34.
- [20] 張佳卉. 中小企業供應鏈融資策略選擇的影響因素分析[J]. 現代商業, 2018(18): 52-54.
- [21] 劉兆瑩, 戴志遠, 趙曉玲, 武暉. 基於應收賬款證券化的中小企業供應鏈融資[J]. 農村金融研究, 2017(10): 26-29.
- [22] 凡俊. 金融科技背景下我國商貿流通業供應鏈融資研究[J]. 商業經濟研究, 2018(12): 170-172.
- [23] 塗祥, 楊琦峰, 宋平, 楊興忠. 供應鏈金融的線上化決策分析[J]. 武漢金融, 2016(10): 21-25.
- [24] 劉伶蕾. 區塊鏈技術對供應鏈金融的影響[J]. 財訊, 2019(1): 113.
- [25] Ishii H, Nose T. Perishable inventory control with two types of customers and different selling prices under the warehouse capacity constraints[J]. International Journal of Production Economics, 1996, 44(1-2): 167-176.
- [26] Abad P.L. Optimal price and order size under partial backordering incorporating shortage, backorder and lost sale costs[J]. International Journal of Production Economics, 2008, 114(1): 179-186.
- [27] Parker C, Ramdas K, Savva N. Is it enough? Evidence from a natural experiment in India's agriculture markets[J]. Management Science, 2016, 62(9): 1-23.
- [28] 陳軍, 但斌, 張旭梅. 多級價格折扣下基於損耗控制的生鮮農產品EOQ模型[J]. 系統工程理論與實踐, 2009, 29(7): 43-54.
- [29] 賈濤, 徐渝, 耿凱平. 部分延期付款下易腐品聯合經濟訂貨批量模型[J]. 運籌與管理, 2011, 20(4): 1-9.
- [30] 陳淮莉, 韓偉. 基於保質期約束的生鮮品訂貨批量以及定價決策研究[J]. 工業工程與管理, 2013, (18)3: 19-23.
- [31] 趙菊花. 生鮮農產品訂貨策略研究[J]. 消費導刊, 2017(6): 1-3.
- [32] 紀賢兵, 徐健, 孫玉玲. 多週期下的生鮮農產品 EOQ 模型[J]. 內蒙古科技與經濟, 2018(16): 85-86.
- [33] 仇戈, 吳勝. 高鐵快運背景下生鮮農產品的最優訂貨決策[J]. 西南交通大學學報, 2018, 53(2): 392-399.
- [34] Bhattachaee S, Ramesh R. A multi-period profit maximizing model for retail supply chain management: An integration of demand and supply-side mechanisms [J]. European Journal of Operational Research, 2000, 122(3): 584-601.
- [35] Qin Y, Wang J, Wei C. Joint pricing and inventory control for fresh produce and foods with quality and physical quantity deteriorating simultaneously [J]. International Journal of Production Economics, 2014, 152(2): 42-48.
- [36] Feng L, Chan Y. Pricing and lot-sizing policies for perishable goods when the demand depends on selling price, displayed stocks, and expiration date[J]. International Journal of Production Economics, 2017, 185: 11-20.
- [37] 李琳, 範體軍. 零售商主導下生鮮農產品供應鏈的定價策略對比研究[J]. 中國管理科學, 2015, 23(12): 113-123.
- [38] 常麗娜. 基於參考競爭的電商生鮮品動態定價策略[J]. 物流工程與管理, 2016, 38(3): 73-75.
- [39] Hahn K.H., Hwang H., Shinn S.W. A returns policy for distribution channel coordination of perishable items [J]. European Journal of Operational Research, 2004, 152(3): 770-780.
- [40] 韓明輝. 供應鏈金融下的農業小企業融資信用風險研究. 會計之友, 2010, 9(4): 56-57.
- [41] 李巍. 淺析生鮮品供應鏈物流的金融模式. 物流工程與管理, 2011, 33(9): 44—45.
- [42] 陳小梅. 農業供應鏈金融的運行機制研究. 河南工程學院學報(社會科學版), 2013, 6(3): 14—18.
- [43] 劉秀莉. 基於信用風險視角的農業供應鏈金融研究. 農業經濟, 2014, 4(7): 32—33.
- [44] 劉傑. 生鮮品O2O供應鏈金融模式及其收益博弈研究[D]. 湖南: 湖南大學, 2016.
- [45] 林強, 賀勇. 資金約束下給予零售商競爭的融資模式對比研究, 2015.6: 10-12.
- [46] 嚴暢. 生鮮農產品供應鏈金融應收賬款融資研究[D]. 廣州: 華南理工大學, 2017.
- [47] 楊紹輝. 從商業銀行的業務模式看供應鏈融資服務[J]. 物流技術, 2005(10): 179-182.
- [48] 李小金. 保兌倉融資供應鏈決策模型的構建及參數求解[J]. 金融教育研究, 2016, 29(2): 57-64.
- [49] 張繼富. 單因素敏感性分析在建設工程中的應用探索[J], 甘肅科技, 2008.4: 106-107.