

考虑消费者时间偏好的生鲜电商销售策略研究

何紫清

上海工程技术大学管理学院工商管理系, 上海

收稿日期: 2024年4月15日; 录用日期: 2024年5月7日; 发布日期: 2024年8月5日

摘要

考虑消费者时间偏好和产品的新鲜度损耗, 结合生鲜电商的现货销售、预售以及混合销售的三种不同模式, 构建生鲜电商的决策模型, 分析时间偏好因子和新鲜度损耗系数对消费者购买决策的影响, 并探讨不同情况下生鲜电商的最优销售策略。研究表明: 1) 当产品的新鲜度损耗系数较小时, 采取现货销售模式的生鲜电商可以获得更大利润; 当产品的时间偏好因子较小时, 最佳策略选择为预售策略。2) 新鲜度损耗系数和时间偏好因子不仅与最优现售价、最优预售价成负相关关系, 与各销售模式下的最佳消费者需求和最优利润均成负相关关系。3) 库存成本和批发价格的上升会使得最优价格上升, 而价格上升带来的利润上涨不足以弥补消费者流失带来的利润损失, 因此, 批发价和库存成本的上升总是对生鲜电商不利。

关键词

消费者时间偏好, 生鲜电商, 销售策略, 新鲜度损耗

Research on Fresh Food E-Commerce Sales Strategy Considering Consumer Time Preference

Ziqing He

Department of Business Administration, School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Apr. 15th, 2024; accepted: May 7th, 2024; published: Aug. 5th, 2024

Abstract

Considering consumers time preference and product freshness loss, combined with three different models of spot sales, pre-sales and mixed sales of fresh food e-commerce, a decision-making model for fresh food e-commerce is constructed to analyze the impact of time preference factor and freshness loss coefficient on consumer purchase decision, and discuss the optimal sales strategy of fresh food e-commerce under different circumstances. The research shows that: 1) When the freshness loss coefficient of the product is small, the fresh electricity supplier adopting the spot sales model can obtain greater profits; When the time preference factor is small, the best strategy is the presale strategy. 2) Freshness loss coefficient and time preference factor are negatively correlated not only with the best cash price and the best presale price, but also with the best consumer demand and the best profit under each sales model. 3) The rise in inventory costs and wholesale prices will make the optimal price rise, and the rise in profits brought by the rise in prices is not enough to make up for the loss of profits caused by the loss of consumers, therefore, the rise in wholesale prices and inventory costs is always unfavorable to fresh electricity suppliers.

Keywords

Consumer Time Preference, Fresh Food E-Commerce, Sales Strategy, Freshness Loss

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国是生鲜农产品的生产大国和消费大国，随着经济的快速发展以及居民消费水平的不断提高，人们对生鲜农产品的品质要求也不断提升。生鲜农产品的易腐易逝和难储存等特点对供应链的流通效率提出了更高的要求，越来越多的生鲜电商采取譬如现售、预售或混合销售等多样化的销售策略来积极响应消费者需求。根据相关研究数据显示，2022 年“双十一”期间，京东生鲜开场 4 小时的零售成交额相比去年同期增长了超 132%，平台零售成交额同比增长高达 90%。从消费趋势上看，消费者对高品质、大品牌、优惠多的生鲜产品更加青睐。近两年，生鲜电商行业也受到各级政府的高度重视和国家产业政策的重点支持。2021 年，国家出台了《关于推动电子商务企业绿色发展工作的通知》，鼓励生鲜电商行业发展与创新。

尽管政府部门十分重视生鲜农产品电商的发展问题，但是，由于生鲜品具有特殊的时鲜性以及消费者对等待时间的敏感程度不一致，产品的新鲜度损耗系数和消费者时间偏好是影响生鲜电商销售策略的重要因素，这两个因素极大地影响着生鲜品供应链流通效率，同时也必将改变生鲜农产品供应链的成本和收益结构。预售、现售、混合销售模式下生鲜电商和消费者之间利益不平衡等问题依然存在，如果不能有效地解决不同消费者时间偏好情形下生鲜电商决策问题，也就难以制定合理的销售策略。因此，在政府高度重视生鲜电商行业发展的背景下，生鲜电商面对生鲜农产品在不同新鲜度损耗系数和消费者不同的时间偏好时，如何制定合理的定价策略和销售策略，使得自身利益最大化，这些都是亟待研究和解决的现实问题。

目前关于生鲜农产品决策问题的研究,国内外众多学者的研究主要集中在产品定价与库存、订货等方面。Yang 和 Tang [1]研究了生鲜品在零售模式、双渠道模式和 O2O 模式下的最优定价和保鲜决策。刘墨林[2]等考虑了在供应商提供保鲜努力与生鲜电商提供服务水平的基础上,分析了新鲜度需求弹性、服务需求弹性等因素对最优定价决策的影响。Ma [3]等基于连续折扣情形下,研究了零售商的订货量和销售价格的联合决策,并采取联合优化方法使零售商在静态定价和动态定价中都能获得更多利润。Fan [4]等提出包含消费者选择行为的收益管理动态规划模型,探讨了产品动态定价策略及四种启发式补货策略。周品[5]等针对供应商和制造商不同的议价能力情形,分析了常规供应商议价能力、合同的有效性和需求波动性对最优订货策略的影响。刘浪[6]等研究了信息不对称、零售商厌恶风险、市场需求及价格等多因素同时干扰条件下的最优订货与定价决策。张云丰[7]等考虑订货协调成本和数量折扣因素,研究多个销售商在独立补货和联合补货模式下的供应链利润水平协调。Qiu [8]等通过采用全额退款和不退款两种退货政策提出零售商的全渠道定价和订购优化模型。但是以上研究均没有考虑到不同销售模式下生鲜电商的决策问题。

许多学者针对供应链中产品的销售策略问题进行了研究。计国君[9]等基于消费者的参照价格效应研究了企业限量预售的策略,参照价格效应的存在不影响零售商的预售价和最优预售量。徐琪[10]等研究了策略型消费者对期权组合订购与预售的联合决策影响。而 Mei [11]等则是针对预售机制本身,提出积极的交货时间和未披露的常规价格都是实施预售计划的重要因素。赵帅[12]等在供应商自建网店背景下,研究了预售模式下的生鲜农产品双渠道供应链协调问题。He [13]等从竞争的角度对生鲜农产品在线预售模式进行了研究,确定了实体店和在线商店分别采取渗透定价和撇指定价模式下价格均衡的条件。张鹏[14]等研究了有限理性的消费者结构对物流服务不对称的两个电商预售竞争策略的影响。Peng [15]等探讨了消费者存在预定依赖的情况下,卖方实施预售策略时的价格保证策略。Cheng [16]等针对广告和价格折扣的双重营销手段对多个动态营销决策进行了联合优化。但是,以上文献没有结合消费者时间偏好对供应链销售策略进行研究。

部分学者针对消费者不同的时间偏好问题对供应链的销售策略进行了研究。时间偏好这一概念源于依赖时间的选择结果,反映了消费者随购买时间推移表现出决策不一致的行为,Wang [17]等利用双曲贴现函数来衡量消费者效用,并且制定了零售商的四种预售策略。此后,更多的学者采用指数型时间偏好作为参数广泛地应用于跨期模型的构建。Yan [18]等考虑消费者时间敏感性和缺货成本,利用逆向归纳法得到制造商的最优批发价格和交货提前期,以及零售商的服务水平决策。颜波、刘巳[19]研究了消费者时间偏好的变动如何影响企业渠道决策的变动。罗鹏飞[20]等利用实物期权法和最优控制法研究了时间偏好不一致对企业家最佳投资决策的影响。周雄伟[21]等将时间偏好与预售策略相结合,考虑时间偏好下零售商的最优预售时长。Ahmadi [22]等探讨了在四种竞争环境和无限时间环境下,消费者贴现率与企业贴现率对互补产品的价格、利润和消费者剩余的影响。Haq 和 Weiss [23]发现消费者折扣率是消费者在购买高能源时所表现出的时间偏好的具体表征。然而,以上研究中只考虑了一般属性的产品,没有把生鲜品的易腐特性与时间偏好相结合,共同研究两者对生鲜电商销售策略的影响。

基于此,本文考虑消费者时间偏好和生鲜品新鲜度损耗,构建消费者在预售、现售和混合销售三种不同销售模式下的需求函数,分析消费者时间偏好、生鲜品新鲜度损耗系数及库存成本对利润的影响,探讨了生鲜电商在不同情形下的最优销售策略,并通过数值分析对结论进行验证。

2. 问题描述与符号说明

考虑生鲜电商现货销售、预售销售和混合销售三种情形,其中混合销售为现货销售和预售销售同时进行。消费者对生鲜品的估值为 v ,且服从 $[0, 1]$ 的均匀分布。考虑到在现货销售模式下消费者从购买到

收到生鲜品的时间比预售模式下短，故假定现售模式下的消费者不具有时间偏好，此时消费者需求函数只受到市场规模、产品价格和新鲜度损耗系数的影响。由于在现货销售模式下生鲜电商需要先订货再销售，因此生鲜电商存在一定的库存成本。反之，在预售模式下生鲜电商将不用承担库存成本，但是消费者存在一定的时间偏好，消费者需求将受到市场规模、产品价格以及时间偏好因子的影响。混合销售模式下，生鲜电商将同时开启现货销售和预售销售，假设选择进入预售销售市场的消费者比例为 γ ，进入现货销售市场的消费者比例为 $1-\gamma$ 。一位消费者只会选择其中一个销售市场，且仅购买一个单位产品。生鲜电商和消费者的决策顺序可见图1。

为使各参数规范化，现将各参数赋予相应的符号，详细含义可见表1。

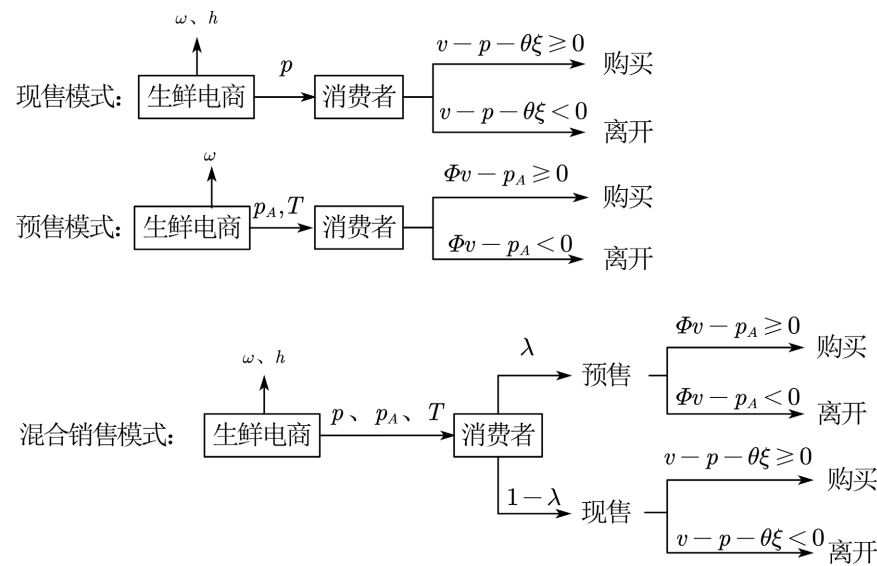


Figure 1. Decision sequence diagram
图1. 决策顺序图

Table 1. Symbol specification
表1. 符号说明

符号	含义
p	单位产品现售价格
p_A	单位产品预售价格, $p_A < p$
w	单位产品批发价格, $0 < w < p$
h	单位产品库存成本, $0 < h < p$
D	消费者需求
π	生鲜电商利润
ξ	新鲜度损耗系数, $0 \leq \xi \leq 1$
θ	消费者对新鲜度损耗的敏感系数, $0 \leq \theta \leq 1$
λ	消费者的时间偏好因子, $\lambda > 0$
T	预售时长
v	消费者对产品的估值, 服从[0, 1]的均匀分布

3. 模型建立与求解

本部分将建立生鲜电商分别在现货销售、预售销售和混合销售情形下的利润模型，并求解出最优现售价、最优预售价和最优利润，分析批发价格、库存成本、新鲜度损耗系数以及时间偏好因子对最优价格、最优利润的影响。

3.1. 现售策略

考虑现货销售模式下购买产品的消费者收到产品的等待时间比预售模式下的等待时间短，在现售模式下不考虑消费者时间偏好。当生鲜电商采取现货销售策略时，首先生鲜电商决策销售价格 p ，消费者进入市场并对产品进行估值，当消费者对产品的估值 $v - p - \theta\xi \geq 0$ 时，消费者选择购买商品，否则不购买。根据 Yu [24] 等的研究，我们假设市场总需求为 1。设现售模式下消费者需求为 D_N ，下标 N 表示不进行预售。则现售模式下消费者需求为：

$$D_N = \int_{p+\theta\xi}^1 1dv = 1 - p - \theta\xi \quad (1)$$

生鲜电商的利润函数为：

$$\pi_N = (p - w - h)D_N \quad (2)$$

对利润函数求关于价格的导数可得： $\partial\pi_N/\partial p = 1 - 2p - \theta\xi + w + h$ ， $\partial^2\pi_N/\partial p^2 = -2 < 0$ 。

由于利润函数二阶导小于 0，可知在此情形下，生鲜电商具有最优销售价且最优销售价为：

$$p^* = \frac{h + w - \theta\xi + 1}{2} \quad (3)$$

因此，现售模式下生鲜电商的最优利润为：

$$\pi_N^* = \left(\frac{1 - h - w - \theta\xi}{2} \right)^2 \quad (4)$$

命题 1

- (i) $\partial p^*/\partial h > 0$ ， $\partial p^*/\partial w > 0$ ， $\partial p^*/\partial \xi < 0$ ；
- (ii) $\partial \pi_N^*/\partial h < 0$ ， $\partial \pi_N^*/\partial w < 0$ ， $\partial \pi_N^*/\partial \xi < 0$ 。

由命题 1 可知，在现货销售模式下，最优销售价格和最优利润都与库存成本、批发价格以及新鲜度损耗系数有关。最优销售价格与库存成本和批发价格成正相关关系，当批发价格和库存成本提高时，最优销售价格也会提高，同时，销售价格的提高导致了消费者需求的减少，且销售价提高带来的利润不足以弥补流失的消费者减少的利润，因此最优利润是减少的。新鲜度损耗系数与最优销售价格以及最优利润均成负相关关系，即当产品的新鲜度损耗增大时，生鲜电商不得不降低销售价来吸引消费者购买，以免造成库存积压以及产品腐烂变质，但由于产品的新鲜度较低，即使生鲜电商设定了更低的销售价也难以吸引消费者购买，因此生鲜电商的利润也随着减少。在销售末期，生鲜电商可以在产品新鲜度损耗较低时提前降价，采用打折等促销手段尽快将产品销售出去，以规避库存风险和成本损失。

3.2. 预售策略

生鲜农产品易腐烂变质的特性使得该类产品的保鲜成本、运输成本和库存风险比普通产品更大，而库存问题也困扰着众多零售商。随着新型销售方式的出现，越来越多的零售商选择采用预售的方式来降低库存风险和保鲜成本。考虑生鲜零售电商采取纯预售销售模式来售卖一种产品，预售价格为 p_A ，预售

等待时间为 T 。由于预售期间消费者会产生等待行为, 且预售期后消费者对产品的估值有所损耗, 参考周雄伟[21]等研究, 采取指数贴现法来描述这种估值损耗。设预售等待时间结束时消费者对产品的估值为 $\Phi(T)v$, 其中 $\Phi(T)v = e^{-\lambda T}$ 。当且仅当 $\Phi(T)v - p_A \geq 0$ 时, 消费者会继续保持购买的决策, 否则将在预售期内退货。设消费者需求为 D_O , 下标 O 表示进行预售。则预售模式下消费者需求和利润函数为:

$$D_O = \int_{p_A/\Phi}^1 1dv = 1 - p_A/e^{-\lambda T} \quad (5)$$

$$\pi_O = (p_A - w)D_O \quad (6)$$

对利润函数求价格的偏导可得: $\partial\pi_O/\partial p_A = 1 - (2p - w)/e^{-\lambda T}$, $\partial^2\pi_O/\partial p_A^2 = -2/e^{-\lambda T} < 0$ 。

由上式利润函数二阶导数小于 0 可知, 在纯预售阶段下, 该利润函数具有极大值点且存在最优预售价格, 令一阶导为 0, 得最优预售价格为:

$$p_A^* = \frac{w + e^{-\lambda T}}{2} \quad (7)$$

生鲜电商的最优利润为:

$$\pi_O^* = \frac{(w - e^{-\lambda T})(we^{\lambda T} - 1)}{4} \quad (8)$$

命题 2

- (i) $\partial p_A^*/\partial w > 0$, $\partial p_A^*/\partial \lambda < 0$, $\partial p_A^*/\partial T < 0$;
- (ii) $\partial \pi_O^*/\partial w < 0$, $\partial \pi_O^*/\partial \lambda < 0$, $\partial \pi_O^*/\partial T < 0$ 。

由命题 2 知, 在预售模式下, 产品的最优预售价以及最优利润只与批发价格、时间偏好因子以及预售时长有关。当批发价格增加时, 最优预售价格也会增加, 但价格升高会导致消费者需求流失, 因此最优利润也将减少。时间偏好因子和预售等待时间均与最优预售价以及最优利润呈负相关关系, 当时间偏好因子变大时, 表示消费者对等待时间的敏感程度高, 不愿意接受漫长的预售等待时间, 而当预售时长增加时, 同样地加剧了消费者在等待期间的不耐烦, 进而减少消费者的效用, 使得预售期过后消费者需求减少, 造成生鲜电商利润损失。

3.3. 混合销售策略

考虑生鲜电商采取混合销售模式时, 选择进入预售市场购买的消费者比例为 γ , 选择在现售市场购买的消费者为 $1 - \gamma$ 。预售和现售同时开始, 同步进行, 且预售价和现售价分别为 p_A 、 p 。消费者根据自己的估值选择进入不同的销售市场。当消费者估值 $v \geq p - \theta\xi$ 时, 消费者选择现售购买的方式; 当消费者估值 $\Phi v - p_A > 0$ 时, 消费者选择预售购买的方式, 否则将离开市场。设混合销售模式下现售市场和预售市场的消费者数量分别为 D_S 、 D_A , 则消费者需求函数分别为:

$$D_S = (1 - \gamma) \int_{p - \theta\xi}^1 1dv = (1 - \gamma)(1 - p - \theta\xi) \quad (9)$$

$$D_A = \gamma \int_{p_A/\Phi}^1 1dv = 1 - p_A/e^{-\lambda T} \quad (10)$$

混合销售策略下生鲜电商的利润函数为:

$$\Pi = (1 - \gamma)(p - w - h)D_S + \gamma(p_A - w)D_A \quad (11)$$

构造利润函数 Π 关于 (p_A, p) 的海塞矩阵:

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \Pi}{\partial p_A^2} & \frac{\partial^2 \Pi}{\partial p_A \partial p} \\ \frac{\partial^2 \Pi}{\partial p \partial p_A} & \frac{\partial^2 \Pi}{\partial p^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2\gamma e^{\lambda T} & 0 \\ 2 & (\gamma-1)(2\alpha e^{\lambda T} - 2\alpha + 2) \end{bmatrix}$$

H 的一阶顺序主子式小于 0，二阶顺序主子式大于 0， H 负定，即在 (p_A^*, p^*) 处取得最大值。令 $\partial \Pi / \partial p_A = 0$ ， $\partial \Pi / \partial p = 0$ ，求得最优预售价和现售价分别为：

$$p_A^* = \frac{w + e^{-\lambda T}}{2} \quad (12)$$

$$p^* = \frac{h + w - \theta \xi + 1}{2} \quad (13)$$

得混合销售策略下的最优利润为：

$$\Pi^* = (1-\gamma) \left(\frac{1-h-w-\theta \xi}{2} \right)^2 + \gamma \frac{(w - e^{-\lambda T})(we^{\lambda T} - 1)}{4} \quad (14)$$

从公式(12)，(13)看出，混合销售策略下的最优预售价、最优现售价分别与预售模式、现售模式下的最优价格是一样的，混合策略下的最优利润也是预售模式下与现售模式下最优利润各自乘以进入该销售市场的消费者比例。当选择进入预售市场的消费者比例 γ 为 1 时，混合销售市场也就成了完全预售市场。同理，当选择进入现售市场的消费者比例为 1 时，混合销售市场就成为完全现售市场。

4. 策略对比分析

本部分探讨新鲜度损耗系数和时间偏好因子对各销售策略下生鲜电商最优定价以及最优利润的影响，通过对比最优定价和最优利润水平，分析生鲜电商分别在不同新鲜度损耗系数、不同时间偏好因子范围内的最优定价决策和最佳策略选择。

命题 3

(i) 当 $0 < \xi < \xi_1$ 时， $\pi_N^* > \Pi^* > \pi_O^*$ ；当 $\xi_1 < \xi < \frac{1-h-w}{\theta}$ 时， $\pi_O^* > \Pi^* > \pi_N^*$ ；其中

$$\xi_1 = \frac{1-h-w + (we^{\lambda T} - 1)\sqrt{e^{-\lambda T}}}{\theta}；$$

(ii) $\partial \pi_N^* / \partial \xi < 0$ ， $\partial \pi_O^* / \partial \xi < 0$ ， $\partial \Pi^* / \partial \xi < 0$ 。

命题 3 表明现售模式下的最优利润和混合销售模式下的最优利润都随着新鲜度损耗系数的增大而降低，而预售模式下的最优利润与新鲜度损耗系数的变化无关系。当新鲜度损耗系数处于较小值时，现售策略下的最优利润是最大的，其次是混合策略，而预售策略下的利润最小，此时现售策略为最佳策略。随着新鲜度损耗系数逐渐增大直至超过 ξ_1 时，现货销售模式和混合销售模式下的最优利润会受到影响而大幅下降，但是预售策略的最优利润依然保持不变，此时预售模式下的最优利润是最大的，混合策略次之，现售策略下的利润最低。可以看出，无论新鲜度损耗系数如何变化，混合策略都不是最优策略。所以对于生鲜电商而言，当产品新鲜度损耗较小时，采取现售策略能够争取更大利润；反之则选择预售策略，不仅能降低库存风险，且能让产品以较高的新鲜度送达到消费者手中，提高消费者效用，从而使生鲜电商的利润得到提升。

命题 4

当 $0 < \xi < \xi_2$ 时， $p_A^* < p^*$ ； $\xi_2 < \xi < \frac{1-h-w}{\theta}$ 时， $p^* < p_A^*$ 。

$$\text{其中 } \xi_2 = \frac{1+h-e^{-\lambda T}}{\theta}。$$

由命题 4 可知, 当新鲜度损耗系数较小时, 最优预售价是低于最优现售价的, 且最优现售价随着新鲜度损耗系数的增大而减小, 但最优预售价与新鲜度损耗系数无关, 不会随之变化而改变, 因此, 当新鲜度损耗系数增大到超过 ξ_2 后, 最优现售价将低于最优预售价。在这个变化过程中, 新鲜度损耗系数始终保持在合理的取值区间。这种情况是符合实际的。在现实生活中, 生鲜电商往往会制定一个比现售价格更低的预售价格, 以此来抵消消费者在等待过程中产生的不耐烦, 而低价又会吸引更多的消费者进入市场, 因此预售阶段的消费者需求相比现售阶段也会增加。

命题 5

(i) 当 $0 < \lambda < \lambda_1$ 时, $\pi_O^* > \Pi^* > \pi_N^*$; 当 $\lambda_1 < \lambda < -\frac{\ln(w)}{T}$ 时, $\pi_N^* > \Pi^* > \pi_O^*$; 其中

$$\lambda_1 = \frac{1}{T} \ln \left[\frac{(1-h-w-\theta\xi)^2 + 2w + (h+w-1+\theta\xi)M}{2w^2} \right]。$$

(ii) $\partial\pi_N^*/\partial\xi < 0, \partial\pi_O^*/\partial\lambda < 0, \partial\Pi^*/\partial\lambda < 0$ 。

由命题 5 可知, 现售模式下的最优利润与时间偏好因子无关, 不会随着时间偏好因子的变化而改变; 而预售模式和混合销售模式下的最优利润都与时间偏好因子呈负相关关系。当时间偏好因子处于较低水平时, 即消费者时间偏好不明显, 预售策略下的最优利润最大, 依次是混合策略、现售策略。因为消费者时间偏好不明显, 所以消费者们并不介意等待, 加之预售策略下较低预售价格的吸引, 更多的消费者会选择在预售阶段购买产品, 从而增加了预售阶段的利润。当时间偏好因子大于 λ_1 时, 消费者的效用大幅降低, 消费者需求也随之减少, 即消费者的时间偏好表现较为明显, 他们不愿意忍受较为漫长的预售时间, 宁愿以更高的价格获取即买即得的即时满足感。预售模式和混合销售模式下的最佳利润也逐渐减少, 而限售模式的利润保持不变, 此时生鲜电商的最佳策略选择为现售策略。

5. 算例分析

本部分探讨了新鲜度损耗系数和时间偏好因子分别对各现售模式、预售模式和混合销售策略模式的利润影响, 分别分析了新鲜度损耗系数和时间偏好因子在不同范围内对销售策略的影响。本章参考周雄伟[21][25]等人文献数据, 相关参数设置如下: $h=0.1$, $w=0.1$, $\theta=0.8$, $\gamma=0.5$, $T=7$ 。

1) 新鲜度损耗系数和时间偏好因子对各销售模式利润的影响

结合命题 3、命题 5 可得, 新鲜度损耗系数和时间偏好因子对各销售模式下最优利润的影响如图 2、图 3。

从图 2 可知, 新鲜度损耗系数对预售模式下的最佳利润无影响, 与现售模式、混合销售模式的最优利润均成负向影响。当新鲜度损耗系数较小时, 不采取预售模式能获得更多利润。而当新鲜度损耗系数逐渐增大直至超越某个阈值时, 预售策略下的最优利润是最大的, 此时的最佳策略应是预售策略。

图 3 揭示了时间偏好对于各销售模式下最优利润的影响, 可以看出时间偏好因子对现售模式下的最优利润是无影响的, 与预售模式和混合销售模式下的利润呈现负相关关系。当时间偏好因子较小时, 预售策略明显占优势, 但当时间偏好因子逐渐增大时, 预售和混合销售模式的利润将急剧减少, 不再占领优势, 此时, 不随时间偏好因子改变而改变的现售模式为最佳销售模式。

2) 新鲜度损耗系数和时间偏好因子对最优价格的影响

从图 4 可知, 新鲜度损耗系数对现售价格呈负向影响, 生鲜品新鲜度损耗越大, 则价格越低。而在预售模式下生鲜品不产生新鲜度损耗, 因此新鲜度损耗系数对预售价格无影响, 最优预售价格是一条平

行于横坐标轴的直线。当产品新鲜度损耗较小时，现售价格大于预售价格；当产品的新鲜度损耗较大时，现售价格则低于预售价格，此时预售模式的优越性凸显，预售极大地保障了产品的新鲜度。

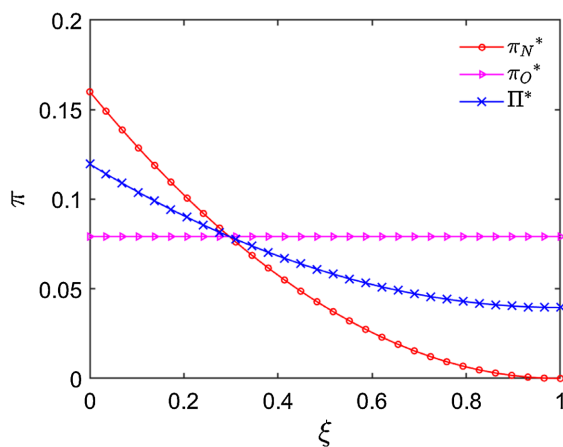


Figure 2. The influence of freshness loss coefficient on optimal profit

图 2. 新鲜度损耗系数对最优利润的影响

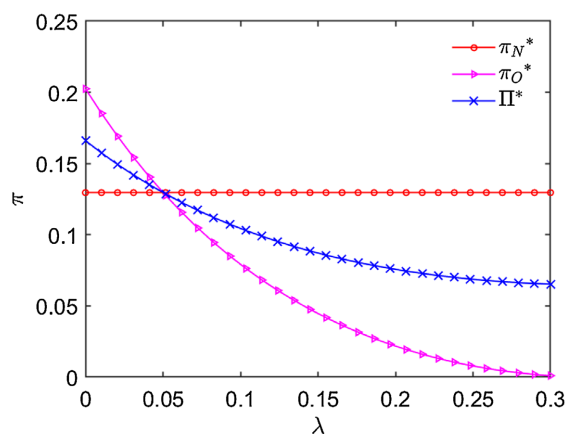


Figure 3. The effect of time preference on optimal profit

图 3. 时间偏好对最优利润的影响

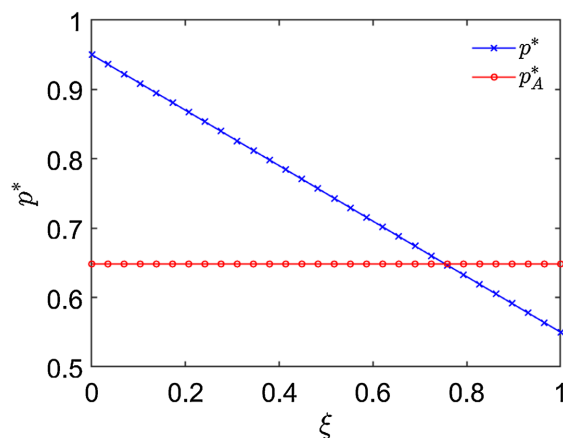


Figure 4. The effect of freshness loss on optimal price

图 4. 新鲜度损耗对最优价格的影响

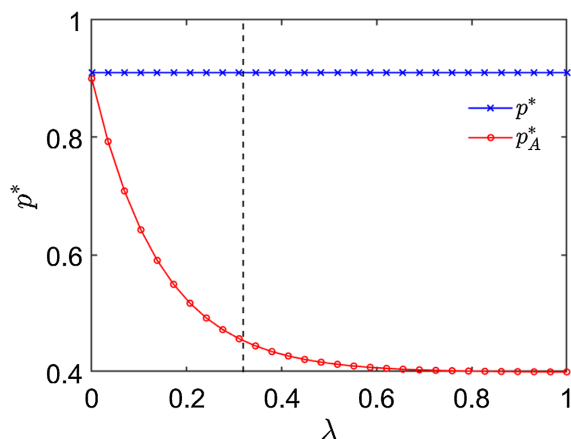


Figure 5. The effect of time preference on the optimal price

图 5. 时间偏好对最优价格的影响

图 5 表示时间偏好对最优价格的影响。同样地，因为在现售过程中不考虑消费者的时间偏好，因此现售价格不因时间偏好的改变而改变。预售价格则受到时间偏好的负向影响，并随着时间偏好的增大呈指数下降趋势。图中平行于纵坐标轴黑色虚线为 $-\ln(w)/T$ ，当时间偏好大于该值时，消费者需求为复数，此时讨论生鲜电商利润将无意义。在时间偏好的可行域范围内，即 $0 < \lambda < -\ln(w)/T$ 时，预售价格始终小于现售价格。对于生鲜电商而言，当消费者时间偏好较小时，预售无疑是最佳销售策略，因为预售不仅保障了较低的新鲜度损耗，同时还具有更低的销售价格，这都能吸引消费者在预售模式下购买产品。

3) 新鲜度损耗因子和时间偏好对最优决策的影响

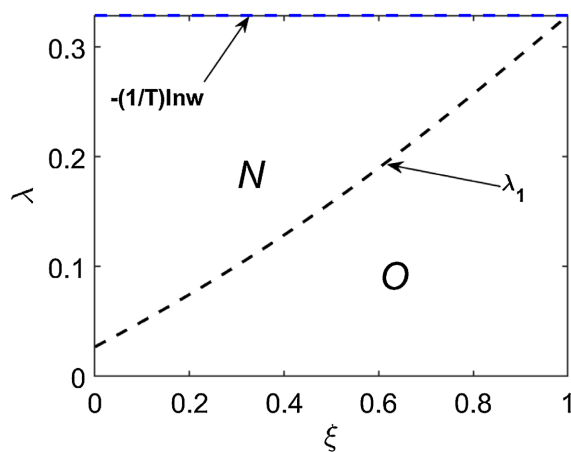


Figure 6. The combined effect of freshness loss factor and time preference on optimal decision

图 6. 新鲜度损耗因子和时间偏好对最优决策的联合影响

图 6 表示生鲜电商在同时考虑新鲜度损耗因子和时间偏好的影响下作出的最优销售模式决策。从图上可直观地看出，生鲜电商最优销售决策只有现售和预售两种策略，而没有混合销售策略，即混合销售策略不能成为最优策略。当 $\lambda > \lambda_1$ 且 $\lambda < -\ln(w)/T$ 时，生鲜电商最佳销售策略为现售(区域 N)；当 $0 < \lambda < \lambda_1$ 时，生鲜电商最佳销售策略为预售(区域 O)；

$$\text{其中 } \lambda_1 = \frac{1}{T} \ln \left[\frac{(1-h-w-\theta\xi)^2 + 2w + (h+w-1+\theta\xi)M}{2w^2} \right].$$

同时,新鲜度损耗因子的可行域比时间偏好因子的可行域更广,当时间偏好因子 $\lambda > \lambda_1$ 时,消费者需求即为负数,此时研究生鲜电商利润则无意义。因此,不管生鲜电商采取何种销售策略,都要基于较低的时间偏好水平考虑。这也提示生鲜电商在实际销售过程中要充分考虑消费者的时间偏好,避免因等待时间过长而流失客户。

6. 结语

6.1. 主要研究发现

为提升对消费者需求的响应速度,保证生鲜产品最大新鲜度,生鲜电商采用不同的销售模式来提高生鲜农产品供应链的运作绩效。本文从生鲜电商平台销售策略选择的视角切入,考虑生鲜品特有的新鲜度损耗特性以及预售中消费者的时间偏好行为,对生鲜电商销售策略进行了研究,构建了现售模式、预售模式以及混合销售模式下生鲜电商的利润函数模型,探讨了各销售模式下的最佳定价决策以及不同参数变化下最优策略选择。研究表明:1) 当产品的新鲜度损耗系数较小时,采取现货销售模式的生鲜电商可以获取更大利润;当产品的时间偏好因子较小时,最佳策略选择为预售策略;混合销售策略都不占优,不能作为最佳策略选择。最佳策略只能是现售策略或预售策略,且消费者时间偏好因子和生鲜品新鲜度损耗系数对预售策略的影响范围更小。2) 新鲜度损耗系数和时间偏好因子不仅与最优现售价、最优预售价成负相关关系,与各销售模式下的最佳消费者需求和最优利润均成负相关关系。3) 库存成本和批发价格的上升会使得最优价格上升,但同时也会令生鲜电商失去一部分消费者,而价格上升带来的利润上涨不足以弥补消费者流失带来的利润损失,因此,批发价和库存成本的上升总是对生鲜电商不利的。

6.2. 管理学启示

本文可为相关生鲜电商企业提高以下管理学启示:1) 无论采取何种销售模式,生鲜品新鲜度都是影响消费者需求的重要因素,而时间偏好在预售过程中对消费者需求的影响也不可忽略;2) 合理设置预售时长,并以相对较低的预售价售卖产品,但不应一味以“最低价”为噱头和卖点,而应注重产品的高质量;3) 选择兼具较低批发价格和高品质的供应商,合理降低库存成本,对生鲜电商运作效率的提高具有较大意义。

参考文献

- [1] Yang, L. and Tang, R. (2019) Comparisons of Sales Modes for a Fresh Product Supply Chain with Freshness-Keeping Effort. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **125**, 425-448. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.020>
- [2] 刘墨林, 但斌, 马崧萱. 考虑保鲜努力与增值服务的生鲜电商供应链最优决策与协调[J]. 中国管理科学, 2020, 28(8): 76-88.
- [3] Ma, S., Jemai, Z. and Bai, Q. (2022) Optimal Pricing and Ordering Decisions for a Retailer Using Multiple Discounts. *European Journal of Operational Research*, **299**, 1177-1192. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.10.004>
- [4] Fan, T., Xu, C. and Tao, F. (2020) Dynamic Pricing and Replenishment Policy for Fresh Produce. *Computers & Industrial Engineering*, **139**, Article ID: 106127. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106127>
- [5] 周品, 徐和, 陆芬. 基于供应链成员议价能力的最优订货策略研究[J]. 管理工程学报, 2019, 33(4): 130-135.
- [6] 刘浪, 黄冬宏, 逢金辉. 多因素干扰下的供应链最优定价与订货决策[J]. 运筹与管理, 2021, 30(9): 113-121.
- [7] 张云丰, 王勇, 龚本刚, 等. 考虑订货协调成本与数量折扣的改良品供应链水平协调[J]. 中国管理科学, 2019, 27(12): 55-66.
- [8] Qiu, R., Ma, L. and Sun, M. (2023) A Robust Omnichannel Pricing and Ordering Optimization Approach with Return Policies Based on Data-Driven Support Vector Clustering. *European Journal of Operational Research*, **305**, 1337-1354. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.07.029>

- [9] 计国君, 孙忠锋, 杨光勇, 等. 基于消费者参照价格效应的限量预售策略研究[J]. 管理工程学报, 2021, 35(4): 178-189.
- [10] 徐琪, 董琦, 史保莉. 考虑策略型消费者的期权组合订购与预售联合决策研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(12): 193-202.
- [11] Mei, W., Du, L., Niu, B., Wang, J. and Feng, J. (2016) The Effects of an Undisclosed Regular Price and a Positive Leadtime in a Presale Mechanism. *European Journal of Operational Research*, **250**, 1013-1025. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.10.033>
- [12] 赵帅, 李文立, 曹晓宁, 等. 预售模式下的生鲜农产品双渠道供应链协调机制[J]. 管理工程学报, 2021, 35(4): 162-177.
- [13] He, B., Gan, X. and Yuan, K. (2019) Entry of Online Presale of Fresh Produce: A Competitive Analysis. *European Journal of Operational Research*, **272**, 339-351. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.06.006>
- [14] 张鹏, 夏赟, 王慧娟. 考虑有限理性的消费者结构对不对称电商预售策略的影响研究[J]. 中国管理科学, 2023, 31(11): 128-139.
- [15] Peng, W., Tian, Z. and Wang, Y. (2020) Price Guarantee for Advance Selling in the Presence of Preorder-Dependent Social Learning. *International Journal of Production Economics*, **219**, 115-122. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.015>
- [16] Cheng, Y., Li, H. and Thorstenson, A. (2018) Advance Selling with Double Marketing Efforts in a Newsvendor Framework. *Computers & Industrial Engineering*, **118**, 352-365. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.03.006>
- [17] Wang, X., Tian, J. and Fan, Z. (2020) Optimal Presale Strategy Considering Consumers' Preference Reversal or Inconsistency. *Computers & Industrial Engineering*, **146**, Article ID: 106581. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106581>
- [18] Yan, B., Chen, Y. and Liu, S. (2020) Dynamic Channel Choice of Mobile Phone Companies by Considering the Time Preference of Consumers. *Computers & Industrial Engineering*, **145**, Article ID: 106493. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106493>
- [19] 颜波, 刘巳. 考虑消费者时间偏好和不便成本的手机企业渠道动态选择研究[J]. 管理工程学报, 2019, 33(4): 113-121.
- [20] 罗鹏飞, 段依竺, 张勇. 时间偏好不一致企业家动态投资策略研究[J]. 中国管理科学, 2022, 30(1): 54-63.
- [21] 周雄伟, 李娟, 周艳菊. 基于消费者时间偏好的预售时间策略研究[J]. 系统工程学报, 2021, 36(4): 539-551.
- [22] Ahmadi, I., Skiera, B., Lambrecht, A. and Heubrandner, F. (2017) Time Preferences and the Pricing of Complementary Durables and Consumables. *International Journal of Research in Marketing*, **34**, 813-828. <https://doi.org/10.1016/j.ijresmar.2017.08.005>
- [23] Haq, G. and Weiss, M. (2018) Time Preference and Consumer Discount Rates—Insights for Accelerating the Adoption of Efficient Energy and Transport Technologies. *Technological Forecasting and Social Change*, **137**, 76-88. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.06.045>
- [24] Yu, Y., Liu, J., Han, X. and Chen, C. (2017) Optimal Decisions for Sellers Considering Valuation Bias and Strategic Consumer Reactions. *European Journal of Operational Research*, **259**, 599-613. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.048>
- [25] 周雄伟, 李娟. 预售环境下考虑消费者时间偏好的定价与订货策略[J]. 铁道科学与工程学报, 2020, 17(1): 239-249.