

doi: 10.3969/j.issn.1007-7375.2023.06.005

基于成本分担讨价还价的农产品供应链双边保鲜激励

魏光兴, 梁怡静

(重庆交通大学 经济与管理学院, 重庆 400074)

摘要: 为了激励农产品供应链上下游企业积极实施保鲜, 提出一种带讨价还价的成本分担契约, 求出具体的保鲜成本分担比例, 给出分担契约参数的取值依据。构建制造商和零售商双边保鲜的供应链博弈模型, 分别研究没有讨价还价和考虑讨价还价的保鲜成本分担契约, 通过比较二者差异, 分析讨价还价对双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的激励作用。研究表明, 讨价还价会促进保鲜成本分担, 零售商将分担更多的制造商保鲜成本; 讨价还价会促进双边保鲜, 提高农产品新鲜度, 制造商和零售商都将投入更多的保鲜努力; 讨价还价会促进生鲜农产品供应链运营, 提高供应链系统利润; 消费者新鲜度要求会强化讨价还价对双边保鲜、农产品新鲜度和供应链运营的激励, 但是会抑制讨价还价促进保鲜成本分担的作用。

关键词: 生鲜农产品供应链; 双边保鲜; 成本分担; 讨价还价

中图分类号: F272

文献标志码: A

文章编号: 1007-7375(2023)06-0047-10

Promoting Bilateral Freshness Preservation in Agricultural Supply Chains Based on Bargaining Cost-sharing

WEI Guangxing, LIANG Yijing

(School of Economics and Management, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: In order to encourage the upstream and downstream enterprises in agricultural supply chains to actively implement preservation, a bargaining cost-sharing contract is presented. The specific sharing proportion of preservation cost is derived, which supports the values of contract parameters. A supply chain game model for bilateral preservation between manufacturers and retailers is designed to investigate the preservation cost sharing contracts in scenarios with and without bargaining. The enhancing effect of bargaining on bilateral preservation efforts, freshness of agricultural products and the total profit of a supply chain are analyzed by comparing the above two scenarios. Through the findings, the following conclusions are made. Bargaining can promote the sharing of preservation cost, and retailers share more of preservation cost than manufacturers; bargaining can promote bilateral preservation efforts and improve the freshness of agricultural products, where both manufacturers and retailers input more efforts; bargaining is beneficial for the operation of agricultural supply chains with higher system profits; freshness requirements of consumers strengthen the promotion of bargaining in bilateral preservation, the freshness of agricultural products and the operation of supply chains, but inhibit the promotion of bargaining on preservation cost sharing.

Key words: fresh agricultural supply chain; bilateral preservation; cost-sharing; bargaining

2021 年颁布的《“十四五”冷链物流发展规划》指出, 推动冷链物流高质量发展是减少农产品产后损失和流通浪费的重要手段; 2022 年 5 月印发的《关于进一步促进冷链物流发展的通知》强调提高配送效率和冷链流通能力。生鲜农产品具有易腐

坏、不耐运输、流通难度大等特点, 我国生鲜农产品特别是果蔬品产后损失率高达 20%~25%, 而发达国家能控制在 5% 以下, 美国仅有 1%~2%^[1]。而且, 夏季高温, 比如 2022 年创记录的连续高温天气, 也给保鲜工作提出了很大挑战。生鲜农产品

收稿日期: 2022-10-26

基金项目: 国家社会科学基金后期资助项目 (20FGLB031)

作者简介: 魏光兴 (1977—), 男, 重庆市人, 教授, 博士, 主要研究方向为物流与供应链管理、博弈论与机制设计等。

要求供应链的全过程保鲜,各供应链节点企业都应积极参与,在制造商生产环节的保鲜之外,零售商也应该在运输、加工、包装、仓储等过程中进行保鲜,实现生鲜农产品供应链的双边保鲜。例如,在湖北武陵山城郊的蔬菜基地,制造商通过新建冷库来提高产品新鲜度,下游零售商如永辉超市等也积极投入保鲜设备,占超市整体投入的 55%~77%^[2]。零售商作为生鲜农产品供应链末端企业,除了积极投入下游销售环节的保鲜,还可以通过分担制造商保鲜成本的方式来激励上游制造商的保鲜投入。关于如何确定零售商分担制造商保鲜成本的比例,可以不考虑讨价还价,只由零售商单边确定,也可以考虑讨价还价,由制造商和零售商双方协商谈判确定。是否考虑讨价还价对生鲜农产品供应链的保鲜成本分担、双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润都有重要影响。对此,本文研究生鲜农产品供应链中制造商和零售商共同参与的双边保鲜,分析讨价还价促进双边保鲜的激励作用,这对提高农产品新鲜度和供应链运营效率都具有重要意义。

1 文献综述

现有文献对生鲜农产品供应链的保鲜努力和成本分担都有较多研究。

关于生鲜农产品供应链的保鲜努力研究,但斌等^[3]以第三方物流服务商参与保鲜作为研究对象,比较 3 种不同信息共享策略下的最优保鲜努力决策和定价决策,通过设计转移支付契约可以提高生鲜农产品的品质。曹晓宁等^[4]考虑到新鲜度随时间衰减且会受到供应商保鲜努力的影响,研究生鲜农产品双渠道供应链的保鲜努力决策以及供应链协调问题。曹裕等^[5]通过构建单周期下的生鲜农产品生鲜度激励模型发现,价格竞争市场中价格替代率会随着供应商保鲜努力程度增加而降低,而在生鲜度竞争市场中供应商的保鲜努力程度越高,新鲜度替代率也越高。王磊等^[6]针对供应商独自保鲜较困难的问题,用考虑新鲜度的采购价格机制和保鲜成本分担机制来激励供应商参与保鲜工作,最终发现两种方式都能提高供应商的保鲜努力水平。Yang 等^[7]研究零售模式、双渠道模式、O2O 三种模式下的最优定价和保鲜努力决策问题。Ma 等^[8]考虑到信息不对称的影响,发现成本分担和收益共享都能够提高 TPLSP(third party logistics service providers, 第三方

物流服务商)保鲜努力水平,让供应链成员从 Pareto 改进中受益。周涛等^[9]研究 3 种不同主体的保鲜努力投入情境,研究发现通过积极推动供应链主体注重提高保鲜努力水平,能够更有效地解决农产品新鲜度不足的问题。董振宁等^[10]考虑保鲜努力会影响需求函数,探讨不同主导结构下的均衡决策,研究发现,从跟随者变成主导者总是能提高自身利润,零售商主导更有利于供应链系统利润,由此设计了保鲜成本分担契约来协调供应链。以上文献大多考虑由供应商、制造商或者第三方独立负责保鲜,少有研究制造商和零售商的双边保鲜问题。

关于生鲜农产品供应链的成本分担相关研究,陈艳等^[11]设计“保鲜成本共担+收益共享契约”,对生鲜混合双渠道供应链进行协调,通过调整契约参数可以提高供应商保鲜努力水平和供应链总利润。邹筱等^[12]考虑由供应商负责保鲜,零售商负责提供增值服务,提出供应商和零售商成本共担收益共享契约,对提高保鲜努力水平和增值服务水平有显著作用。姜永常等^[13]基于应用区块链可以有效提高生鲜农产品流通的时效性和消费者信任度的背景下,建立供销双方动态成本分担的模型,以供应商降低部分零售价的方式来分担零售商的技术成本,从而激励零售商更好地实施区块链技术。张旭等^[14]利用“保鲜成本分担+风险补偿+收益共享”的组合机制来协调生鲜农产品供应链,减少考虑公平关切造成的效率损失,研究发现契约参数在一定条件下,能够使零售商的订购量和保鲜努力水平达到集中决策水平,同时实现双方决策目标的 Pareto 改进。以上研究都是采用成本分担契约或者成本分担契约和其他契约相结合的方式对供应链保鲜进行决策优化,少有涉及保鲜成本分担的讨价还价问题。

综上所述,现有文献在研究生鲜农产品供应链的保鲜努力时,大多只考虑由制造商、供应商或者第三方独立负责的保鲜,少有涉及制造商和零售商共同参与的双边保鲜;在研究生鲜农产品供应链的成本分担时,大多采取成本分担契约及其与其他契约的组合,少有研究保鲜成本分担的讨价还价问题。因此,针对制造商和零售商共同参与的双边保鲜,设计考虑讨价还价的成本分担契约,探讨讨价还价对保鲜成本分担、双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的激励作用,分析这种激励随消费者新鲜要求变化的敏感性,为提高生鲜农产品供应链的保鲜水平、降低损耗提供决策参考。

2 问题描述与假设

在制造商 (m) 和零售商 (r) 组成的生鲜农产品供应链中, 制造商和零售商通过双边保鲜来保证生鲜农产品的新鲜度。制造商所耗费除保鲜成本以外的成本, 直接简化为 c , 表示单位生鲜农产品的生产成本。零售商以批发价格 w 从制造商处购买生鲜农产品, 再以零售价格 p 卖给消费者。

根据 Cai 等^[15] 和王磊等^[16] 的研究, 生鲜农产品的市场需求受到零售价格和新鲜度两方面的影响, 需求函数可以表示为 $q = a - \alpha p + \beta \theta$ 。其中, a 表示生鲜农产品的市场需求规模; α 表示消费者对价格的敏感系数; β 表示消费者的新鲜要求; θ 表示生鲜农产品的新鲜度, 满足约束条件 $a - \alpha p > 0$ 。参考文献 [14] 和 [17], 生鲜农产品的新鲜度表示为 $\theta = \theta_0 + e_m + e_r$ 。其中, θ_0 表示未进行保鲜处理时的新鲜度初始值, e_m 和 e_r 分别表示制造商与零售商的保鲜努力。借鉴文献 [10] 和 [18], 制造商和零售商进行保鲜所付出的成本为 $c_j = \frac{1}{2} \mu_j e_j^2$, 其中 $\mu_j (j = m, r)$ 表示保鲜努力水平的边际保鲜成本系数。为了集中讨论保鲜成本分担的讨价还价问题, 设制造商和零售商采取相同的保鲜技术来实现生鲜农产品的保鲜, 即 $\mu_m = \mu_r = \mu$ 。于是, 制造商的保鲜成本表示为 $c_m = \frac{1}{2} \mu e_m^2$, 零售商的保鲜成本表示为 $c_r = \frac{1}{2} \mu e_r^2$ 。根据 Ha 等^[18] 文献惯例, 设 μ 充分大, 表示实施保鲜需要一次性进行资金额度大的专用设备投资。生鲜农产品的新鲜度越高, 市场需求量越旺盛。即使会承担较多保鲜成本, 供应链节点企业也会进行保鲜努力的投入, 来提高生鲜农产品的新鲜度, 以此来减少损耗, 同时促进产品销售。为鼓励制造商积极参与保鲜, 提高整个供应链的保鲜水平, 零售商将主动分担部分制造商的保鲜成本。设零售商分担制造商保鲜成本的比例为 ρ , 制造商承担其保鲜成本的 $1 - \rho$ 部分。

在以上条件下, 制造商利润为

$$\pi_m = (w - c)[a - \alpha p + \beta(\theta_0 + e_m + e_r)] - \frac{1}{2}(1 - \rho)\mu e_m^2. \quad (1)$$

零售商利润为

$$\pi_r = (p - w)[a - \alpha p + \beta(\theta_0 + e_m + e_r)] - \frac{1}{2}\mu e_r^2 - \frac{1}{2}\rho\mu e_m^2. \quad (2)$$

供应链系统利润为

$$\pi = (p - c)[a - \alpha p + \beta(\theta_0 + e_m + e_r)] - \frac{1}{2}\mu e_r^2 - \frac{1}{2}\mu e_m^2. \quad (3)$$

不考虑保鲜成本分担的讨价还价时, 零售商先确定分担比例 ρ , 然后制造商根据零售商确定的分担比例 ρ 确定其保鲜努力 e_m 和批发价格 w , 零售商再确定其保鲜努力 e_r 和零售价格 p 。其中, 每一步都以追求自身利润最大为目标, 制造商追求最大的 π_m , 零售商追求最大的 π_r 。

考虑保鲜成本分担的讨价还价时, 制造商和零售商先围绕成本分担比例通过讨价还价确定 ρ , 然后制造商根据双方讨价还价确定的分担比例 ρ 确定其保鲜努力 e_m 和批发价格 w , 零售商再确定其保鲜努力 e_r 和零售价格 p 。其中, 制造商和零售商讨价还价确定分担比例 ρ 时以社会福利最大为目标, 也就是追求最大的双方预期利润的纳什积, 即 $\pi^S = \pi_m \pi_r$ ^[19]; 制造商确定其保鲜努力和批发价格, 零售商确定其保鲜努力和零售价格, 都以追求自身利润最大为目标, 制造商追求最大的 π_m , 零售商追求最大的 π_r 。

接下来, 先分别求解不考虑讨价还价和考虑讨价还价时的双边保鲜和供应链系统利润等, 再通过比较二者差异来分析讨价还价对保鲜成本分担、双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润等的影响。

3 没有讨价还价的双边保鲜成本分担

不考虑讨价还价的成本分担情形表示为 S, 博弈时序如下。第 1 阶段, 零售商决定分担制造商保鲜成本的比例 ρ , 制造商自己分担的保鲜成本比例为 $1 - \rho$; 第 2 阶段, 制造商根据分担比例 ρ 决定保鲜努力水平 e_m 以及提供给零售商的批发价格 w ; 第 3 阶段, 零售商依据制造商决策的保鲜努力水平 e_m 以及提供给零售商的批发价格 w , 决定自身的保鲜努力水平 e_r 和零售价格 p 。

采取逆向推理求解。在第 3 阶段, 给定制造商的保鲜努力 e_m 和批发价格 w , 零售商通过决策保鲜努力 e_r 和零售价格 p 追求最大利润 π_r 。式 (2) 中, 由于 μ 充分大, 海塞矩阵 $H(p, e_r) = \begin{bmatrix} -\mu & \beta \\ \beta & -2\alpha \end{bmatrix}$ 负定。于是, 联立 $\frac{\partial \pi_r^S}{\partial e_r} = 0$ 和 $\frac{\partial \pi_r^S}{\partial p} = 0$ 解得, 零售商的反应函数为

$$\bar{e}_r^s(e_m, w) = \frac{\beta[\beta(\theta_0 + e_m) - \alpha w + a]}{2\mu\alpha - \beta^2}; \quad (4)$$

$$\bar{p}^s(e_m, w) = \frac{[\beta(e_m + \theta_0) + \alpha w + a]\mu - \beta^2 w}{2\mu\alpha - \beta^2}. \quad (5)$$

在第 2 阶段, 给定成本分担比例 ρ , 制造商通过决策保鲜努力水平 e_m 和批发价格 w 追求最大利润 π_m 。把式 (4) 和式 (5) 一起代入式 (1), 可得

$$\pi_m^s = \frac{2\alpha\mu(w - c)[a - \alpha w + \beta(e_m + \theta_0)] + \mu e_m^2(\rho - 1)(2\alpha\mu - \beta^2)}{-2\beta^2 + 4\mu\alpha}.$$

由于 μ 充分大, 可得海塞矩阵 $H(w, e_m) = \begin{bmatrix} -\frac{2\alpha^2\mu}{-\beta^2 + 2\mu\alpha} & \frac{\beta\alpha\mu}{-\beta^2 + 2\mu\alpha} \\ \frac{\beta\alpha\mu}{-\beta^2 + 2\mu\alpha} & \mu(\rho - 1) \end{bmatrix}$ 负定。于是, 联立 $\frac{\partial \pi_m^s}{\partial e_m} = 0$ 和 $\frac{\partial \pi_m^s}{\partial w} = 0$, 解得制造商的反应函数为

$$\bar{e}_m^s(\rho) = \frac{\beta(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)}{-4(-1 + \rho)\mu\alpha + (2\rho - 3)\beta^2}; \quad (6)$$

$$\bar{w}^s(\rho) = \frac{(-1 + \rho)(a + \alpha c + \beta\theta_0)(2\alpha\mu - \beta^2) + c\beta^2\alpha}{[4(-1 + \rho)\mu\alpha - (2\rho - 3)\beta^2]\alpha}. \quad (7)$$

在第 1 阶段, 零售商会预计到制造商的反应函数, 并由此通过决策成本分担比例 ρ 追求最大利润 π_r 。把式 (4) 和式 (5) 代入式 (1) 和式 (2), 可得制造商利润和零售商利润分别为

$$\bar{\pi}_m^s(\rho) = \frac{\mu(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)^2(-1 + \rho)}{8(-1 + \rho)\mu\alpha - (4\rho - 6)\beta^2}; \quad (8)$$

$$\bar{\pi}_r^s(\rho) = \frac{\mu(a - \alpha c + \beta\theta_0)^2[2\mu(\rho - 1)^2\alpha - \beta^2(\rho^2 - \rho + 1)]}{2[4\mu\alpha(\rho - 1) - (2\rho - 3)\beta^2]}. \quad (9)$$

零售商通过决策成本分担比例 ρ 追求最大的利润 π_r , 根据式 (9) 得最优成本分担比例, 表示为如下命题。

命题 1 不考虑讨价还价时, 生鲜农产品供应链双边保鲜的成本分担比例为 $\rho^{s*} = \frac{\beta^2}{4(2\alpha\mu - \beta^2)}$, 即零售商会主动分担制造商保鲜成本的 ρ^{s*} 部分。

分析可知如下结果。1) $\rho^{s*} < \frac{1}{2}$ 。即使零售商会分担部分制造商的保鲜成本, 大部分保鲜成本还是

制造商自己承担, 零售商所分担的制造商保鲜成本只是很小部分。2) $\frac{\partial \rho^{s*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者的新鲜度要求越高, 零售商分担的制造商保鲜成本比例就越高。因此, 积极引导消费者, 提高消费者的新鲜要求, 会改变供应链系统的保鲜成本分担结构, 促使零售商分担更多的制造商保鲜成本。

命题 2 不考虑讨价还价时, 生鲜农产品供应链通过零售商分担制造商的保鲜成本, 制造商保鲜努力为

$$e_m^{s*} = \frac{2\beta(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)}{8\alpha\mu - 7\beta^2};$$

零售商保鲜努力为

$$e_r^{s*} = \frac{\beta(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)(-5\beta^2 + 8\alpha\mu)}{(8\alpha\mu - 7\beta^2)(4\alpha\mu - 2\beta^2)};$$

农产品新鲜度为

$$\theta^{s*} = \theta_0 + \frac{\beta(16\alpha\mu - 9\beta^2)(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)}{2(2\alpha\mu - \beta^2)(8\alpha\mu - 7\beta^2)}.$$

分析可知如下结果。1) $\frac{\partial e_m^{s*}}{\partial \beta} > 0$, $\frac{\partial e_r^{s*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者新鲜度要求越高, 制造商和零售商双方投入的保鲜努力就越多。2) $\frac{\partial \theta^{s*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者新鲜度要求越高, 双方投入的保鲜努力越多, 农产品的新鲜度就越高。因此, 可通过提高消费者的新鲜要求, 来提高生鲜农产品供应链的双边保鲜, 从而提高农产品的新鲜度。

命题 3 不考虑讨价还价时, 生鲜农产品供应链通过零售商分担制造商的保鲜成本, 零售价格为

$$p^{s*} = \frac{8\alpha^3 c \mu^2 + (-21\beta^2 c \mu + 24\beta \mu^2 \theta_0 + 24\alpha \mu^2) \alpha^2}{\alpha(8\alpha\mu - 7\beta^2)(4\alpha\mu - 2\beta^2)} + \frac{(9\beta^4 c - 23\beta^3 \mu \theta_0 - 23\alpha \beta^2 \mu) \alpha + 5\beta^5 \theta_0 + 5\alpha \beta^4}{\alpha(8\alpha\mu - 7\beta^2)(4\alpha\mu - 2\beta^2)};$$

批发价格为

$$w^{s*} = \frac{8c\mu\alpha^2 + (8\alpha\mu - 9c\beta^2 + 8\mu\theta_0\beta)\alpha}{16\alpha^2\mu - 14\alpha\beta^2} - \frac{5\beta^2(a + \beta\theta_0)}{16\alpha^2\mu - 14\alpha\beta^2};$$

供应链系统利润为

$$\pi^{s*} = \frac{\mu(-\alpha c + \beta\theta_0 + a)^2(24\alpha\mu - 13\beta^2)}{8(2\alpha\mu - \beta^2)(8\alpha\mu - 7\beta^2)}.$$

分析可知如下结果。1) $\frac{\partial w^{s*}}{\partial \beta} > 0$, $\frac{\partial p^{s*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者的新鲜度要求越高, 生鲜产品供应链的批发价及零售价就越高。2) $\frac{\partial \pi^{s*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者的新鲜度要求越高, 生鲜农产品供应链的系统利润就越高。可

见, 对新鲜度要求高的消费者, 农产品供应链将会投入更多的保鲜努力, 获取更高的系统利润。

4 考虑讨价还价的双边保鲜成本分担

考虑讨价还价的成本分担情形表示为 B, 博弈时序如下。第 1 阶段, 制造商和零售商以社会福利最大为目标, 追求最大的双方预期利润的纳什积, 即 $\pi^B = \pi_m \pi_r$ ^[19], 通过讨价还价确定零售商分担制造商保鲜成本的比例 ρ , 制造商承担的保鲜成本比例为 $1-\rho$ 。第 2 阶段, 制造商以自身利润 π_m 最大为目标, 根据成本分担比例 ρ 决定保鲜努力水平 e_m 和批发价格 w 。第 3 阶段, 零售商以自身利润 π_r 最大为目标, 根据制造商的保鲜努力水平 e_m 和批发价格 w , 决定自身保鲜努力水平 e_r 和零售价格 p 。

采取逆向推理求解: 第 3 阶段, 与不考虑讨价还价情形相同, 零售商的反应函数仍然是式 (4) 和式 (5)。第 2 阶段, 与不考虑讨价还价情形相同, 制造商的反应函数仍然是式 (6) 和式 (7)。第 1 阶段, 制造商利润和零售商利润仍是式 (8) 和式 (9)。根据王道平等^[19]的研究, 制造商和零售商讨价还价的优化模型为

$$\max_{\rho} \pi^B = \bar{\pi}_m^S(\rho) \bar{\pi}_r^S(\rho) = \mu^2(-\alpha c + \beta \theta_0 + a)^4 \times$$

$$\frac{(-1+\rho)(2\alpha\mu\rho^2 - \beta^2\rho^2 - 4\alpha\mu\rho + \beta^2\rho + 2\alpha\mu - \beta^2)}{4[4\alpha\mu(-1+\rho) - (2\rho-3)\beta^2]}。$$

求解以上优化模型, 可得此时的最优成本分担比例, 表示为如下命题。

命题 4 考虑讨价还价时, 生鲜农产品供应链双边保鲜的成本分担比例为 $\rho^{B*} = \frac{6\alpha\mu - 2\beta^2 - \Delta}{5(2\alpha\mu - \beta^2)}$, 即零售商会主动分担制造商保鲜成本的 ρ^{B*} 部分。其中, $\Delta = \sqrt{16\alpha^2\mu^2 - 14\alpha\beta^2\mu + 4\beta^4}$ 。

分析可知, 必有 $\frac{\partial \rho^{B*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者对新鲜要求越高, 零售商就会分担越多的制造商保鲜成本。综合命题 1, 无论是否考虑讨价还价, 消费者新鲜要求都会改变生鲜农产品供应链双边保鲜的成本分担结构, 使零售商愿意分担更多的制造商保鲜成本。

命题 5 考虑讨价还价时, 农产品供应链通过零售商分担制造商的保鲜成本, 制造商保鲜努力为

$$e_m^{B*} = \frac{5\beta(-\alpha c + \beta \theta_0 + a)}{8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta};$$

零售商的保鲜努力为

$$e_r^{B*} = \frac{\beta(-\alpha c + \beta \theta_0 + a)(4\alpha\mu - 3\beta^2 + \Delta)}{(2\alpha\mu - \beta^2)(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)};$$

农产品新鲜度为

$$\theta^{B*} = \theta_0 + \frac{\beta(-\alpha c + \beta \theta_0 + a)(14\alpha\mu - 8\beta^2 + \Delta)}{(2\alpha\mu - \beta^2)(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)}。$$

分析可知如下结果。1) $\frac{\partial e_m^{B*}}{\partial \beta} > 0$, $\frac{\partial e_r^{B*}}{\partial \beta} > 0$ 。面对新鲜度要求更高的消费者, 制造商和零售商都会提高保鲜努力。综合命题 2 可见, 可以通过提高消费者的新鲜度要求, 促进生鲜农产品供应链的双边保鲜, 是否讨价还价并不会改变消费者新鲜度要求会促进生鲜农产品供应链双边保鲜的属性。考虑讨价还价是促进制造商和零售商提高保鲜努力的内部机制, 而消费者的新鲜度要求是促进供应链保鲜努力提升的外部力量。无论内部机制如何改变, 消费者新鲜度要求促进双边保鲜努力的这种外部力量都不会改变。2) $\frac{\partial \theta^{B*}}{\partial \beta} > 0$ 。考虑讨价还价时, 消费者新鲜要求越高, 双方投入的保鲜努力越多, 生鲜农产品的新鲜度就越高。这与对新鲜要求更高的消费者, 应提高生鲜农产品新鲜度的直观认识一致。

命题 6 考虑讨价还价时, 生鲜农产品供应链通过零售商分担制造商的保鲜成本, 批发价格为

$$w^{B*} = \frac{4c\mu\alpha^2 + (\alpha c + \beta \theta_0 + a)\Delta - 3\beta^2(a + \beta \theta_0)}{(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)\alpha} + \frac{(-8c\beta^2 + 4\mu\theta_0\beta + 4\alpha\mu)\alpha}{(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)\alpha};$$

对应的零售价格为

$$p^{B*} = \frac{[c\mu\alpha^2 + (-\beta^2c + 3\beta\mu\theta_0 + 3\alpha\mu)\alpha - \beta^3\theta_0 - a\beta^2]\Delta}{(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)(2\alpha\mu - \beta^2)\alpha} + \frac{4\alpha^3c\mu^2 + 3\beta^5\theta_0 + 3a\beta^4 + (-17\beta^2c\mu + 12\beta\mu^2\theta_0 + 12\alpha\mu^2)\alpha^2}{(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)(2\alpha\mu - \beta^2)\alpha} + \frac{8\beta^4c - 13\beta^3\mu\theta_0 - 13a\beta^2\mu}{(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)(2\alpha\mu - \beta^2)};$$

供应链系统利润为

$$\pi^{B*} = \frac{48\alpha^2\mu^2 - 82\alpha\beta^2\mu + 32\beta^4 + (12\alpha\mu - 9\beta^2)\Delta}{(2\alpha\mu - \beta^2)(8\alpha\mu - 11\beta^2 + 2\Delta)^2} \times \mu(-\alpha c + \beta \theta_0 + a)^2。$$

分析可知如下结果。1) $\frac{\partial w^{B*}}{\partial \beta} > 0$, $\frac{\partial p^{B*}}{\partial \beta} > 0$ 。消费者的新鲜度要求越高, 生鲜农产品供应链的定价就会越高。综合命题 3 可见, 可以根据消费者的新鲜要求进行差异化定价, 给对新鲜度要求高的消费

者定高价。这正是夏季超市中荔枝等水果价格很高的原因之一。不仅仅是因为运输、储存、保鲜的成本很高,还因为消费者有很高的新鲜度要求,愿意为高新鲜度付出高的价格。2) $\frac{\partial \pi^B}{\partial \beta} > 0$ 。消费者的新鲜要求越高,生鲜农产品供应链就可以获取越多的系统利润。综合命题 3 可见,对新鲜要求高的消费者,不仅会购买更多的生鲜农产品,而且愿意承担更高的价格,因此生鲜农产品供应链可以获得更高的系统利润。

5 讨价还价对双边保鲜的激励作用

5.1 促进保鲜成本分担的作用

定理 1 讨价还价必然会促进生鲜农产品供应链的双边保鲜成本分担,使零售商愿意分担更多的制造商保鲜成本,即无论消费者新鲜要求和市场状况如何,都有 $\rho^B > \rho^S$ 。

在生鲜农产品供应链中,制造商和零售商通过讨价还价来确定保鲜成本分担比例,就是为了提高自身利润。最终能否达成合作,必然是要优于不进行讨价还价的情况才能够实现,那么制造商可以让零售商分担更多的保鲜成本来实现利润的增加。当制造商转移部分保鲜成本给零售商,会更有保鲜努力的积极性;对于零售商来说,为制造商分担更多的成本,将负担更多的保鲜成本,但制造商促进保鲜努力水平上升会反过来提高定价,有利于零售商也获益。因此,考虑讨价还价会促使零售商愿意分担更多的制造商保鲜成本。

5.2 促进双边保鲜努力的作用

定理 2 讨价还价必然会促进生鲜农产品供应链的双边保鲜努力,使制造商和零售商都投入更高的保鲜努力,即无论消费者新鲜要求和市场状况如何,都有 $e_m^B > e_m^S$ 和 $e_r^B > e_r^S$ 。

考虑讨价还价后,对于制造商而言,零售商分担了更多的制造商保鲜成本,制造商就有更高的保鲜积极性;而对于零售商而言,虽然不仅要承担自己的保鲜成本,还要分担部分制造商的保鲜成本,但是由此提高保鲜努力水平有利于市场的需求量上升,需求量推动利润增加可以弥补零售商所分担的制造商的保鲜成本。因此,讨价还价能够同时提高制造商和零售商的保鲜努力水平,促进供应链系统的双边保鲜。

5.3 促进农产品新鲜度的作用

定理 3 讨价还价必然会提高农产品供应链的新鲜度,即无论消费者新鲜要求和市场状况如何,都有 $\theta^B > \theta^S$ 。

无论是考虑讨价还价,农产品新鲜度都只与制造商和零售商的保鲜努力水平有关。由定理 2 可知,考虑讨价还价后,会提高制造商和零售商的保鲜努力水平。因此,考虑讨价还价必然会提高农产品新鲜度。

5.4 促进供应链系统利润的作用

定理 4 讨价还价必然会提高生鲜农产品供应链的系统利润,即无论消费者新鲜度和市场状况如何,都有 $\pi^B > \pi^S$ 。

考虑讨价还价后,对于制造商来说,提高保鲜努力水平导致保鲜成本的增加,为了弥补更多保鲜成本的投入,必然会提高批发价格。对于零售商来说,一方面批发价格导致零售商成本增加,另一方面保鲜努力成本会增加,最终使得零售商也提高销售价格。对于消费者来说,虽然零售价格上升,但获得了更为新鲜的生鲜农产品。因此,在考虑讨价还价后,会导致供应链的批发价和零售价都上涨。而对于整个供应链来说,制造商和零售商的保鲜努力水平上升虽然会导致供应链的保鲜成本增加,但零售价格上涨和供应链保鲜努力水平上升促使市场需求量扩大的综合作用力量,会推动供应链系统利润增加,由于后者占主导,所以供应链系统利润还是会增加。因此,保鲜成本分担的讨价还价有利于供应链系统利润的增加。

综上,考虑讨价还价有利于生鲜农产品供应链的双边保鲜。对于制造商和零售商个体而言,会同时增加双方的保鲜努力水平,还会提高批发价和零售价。对于整个供应链系统而言,考虑讨价还价会增加供应链的系统利润。对于整个社会而言,考虑讨价还价不仅有利于提供更新鲜的农产品,降低生鲜农产品损耗,而且有助于更好地满足消费者需求,提高社会福利,两方面结合助推社会经济发展。

6 新鲜度要求对讨价还价作用的影响

新鲜度要求对讨价还价作用的影响体现为,消费者新鲜度要求如何影响讨价还价对保鲜成本分担比例、保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的激励作用,即讨价还价引起的改变程度如何随消

费者新鲜要求变化, 亦即讨价还价作用对消费者新鲜要求的敏感性。

6.1 对讨价还价促进保鲜成本分担的影响

定理 5 消费者新鲜度要求会缩小讨价还价促使零售商分担制造商保鲜成本的作用, 新鲜度要求越高, 讨价还价提高零售商分担制造商保鲜成本比例的程度就越小, 即 $\frac{\partial(\rho^{B^*} - \rho^{S^*})}{\partial\beta} < 0$ 。

由此可见, 虽然讨价还价会促进生鲜农产品供应链的双边保鲜成本分担, 但是消费者新鲜要求会抑制这种作用。这在定理 1 刻画讨价还价对成本分担比例的影响方向的基础上, 进一步刻画了讨价还价对成本分担比例的影响程度, 即讨价还价引起的分担比例上升程度随着新鲜度要求变高而减小。考虑讨价还价是内部机制, 消费者的新鲜要求是外部力量。无论内部机制如何, 消费者新鲜要求这一外部力量都有抑制性, 会削弱讨价还价促进保鲜成本分担的作用。因此, 讨价还价促进零售商分担制造商保鲜成本的作用会随着新鲜要求变高而受到抑制。

6.2 对讨价还价促进双边保鲜努力的影响

定理 6 消费者新鲜要求会扩大讨价还价促进生鲜农产品双边保鲜努力的作用, 消费者的新鲜度要求越高, 讨价还价引起的保鲜努力水平上升程度越大, 即 $\frac{\partial(e_m^{B^*} - e_m^{S^*})}{\partial\beta} > 0$ 和 $\frac{\partial(e_r^{B^*} - e_r^{S^*})}{\partial\beta} > 0$ 。

由此可见, 随着新鲜要求越高, 讨价还价促进保鲜努力水平上升的作用越明显, 因为考虑讨价还价所引起的保鲜努力水平上升量随新鲜度要求越高而越多。这在定理 2 刻画了考虑讨价还价对保鲜努力水平的影响方向的基础上, 进一步刻画了考虑讨价还价对保鲜努力水平的影响程度, 讨价还价引起的保鲜努力水平上升程度随着新鲜度要求变高而扩大。新鲜度要求越高, 说明消费者越愿意购买新鲜度更高的生鲜农产品, 也愿意为购买更新鲜的生鲜农产品支付更高的价格, 因而消费者对新鲜度要求本身就有利于保鲜努力水平的提高。一方面, 考虑讨价还价有利于双方保鲜努力水平的提高; 另一方面, 新鲜度要求越高, 越会促使制造商和零售商更注重对生鲜农产品的保鲜努力。新鲜度要求和讨价还价有协同作用, 新鲜度要求会使讨价还价提升保鲜努力的程度更大。因此, 消费者的新鲜度要求不仅能够直接通过扩大市场的需求来提高制造商和零售商的保鲜努力水平, 也能间接通过增强讨价还

价的作用来促进保鲜努力水平提高。

6.3 对讨价还价促进农产品新鲜度的影响

定理 7 消费者新鲜要求会扩大讨价还价提高农产品新鲜度的作用, 消费者新鲜度要求越高, 讨价还价提高新鲜度的程度越大, 即 $\frac{\partial(\theta^{B^*} - \theta^{S^*})}{\partial\beta} > 0$ 。

由此可见, 随着新鲜度要求越高, 讨价还价促进农产品新鲜度上升的作用越明显, 因为考虑讨价还价所引起的农产品新鲜度上升量随新鲜度要求越高而越多。这在定理 3 刻画了考虑讨价还价对农产品新鲜度的影响方向的基础上, 进一步刻画考虑讨价还价对农产品新鲜度的影响程度, 讨价还价引起的农产品新鲜度上升的程度随着新鲜度要求变高而扩大。由定理 6 可知, 消费者的新鲜度要求越高, 讨价还价引起制造商和零售商的保鲜努力水平上升程度就越大, 而农产品新鲜度由制造商和零售商的保鲜努力水平共同决定, 因此新鲜度要求会增强讨价还价提升农产品新鲜度的作用。

6.4 对讨价还价促进系统利润的影响

定理 8 消费者的新鲜度要求会扩大讨价还价提高生鲜农产品供应链系统利润的作用, 消费者的新鲜度要求越高, 讨价还价所引起的供应链系统利润上升程度就越大, 即 $\frac{\partial(\pi^{B^*} - \pi^{S^*})}{\partial\beta} > 0$ 。

由此可见, 新鲜要求越高, 讨价还价对提高定价的作用越明显, 因为考虑讨价还价所引起供应链系统利润增加程度会扩大。这也是定理 4 的必然结果。对新鲜度要求越高, 考虑讨价还价的成本分担契约下保鲜努力水平提升量越多, 相应的保鲜成本投入就更多, 从而导致供应链定价上升程度就更多。因此, 一方面, 对新鲜度要求越高, 考虑讨价还价促进保鲜努力水平上升幅度就越大, 导致保鲜成本的增量越多; 另一方面, 对新鲜度要求越高, 考虑讨价还价推动零售价格上升程度就越大, 从而推动供应链的利润增加更多。定理 6 表明, 后者占主导作用, 虽然保鲜成本上涨更多, 但零售价格上升对增加利润的作用更大, 所以会增强考虑讨价还价提高供应链系统利润的作用。

综上, 消费者的新鲜度要求越高, 讨价还价提高保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的作用就越显著。在影响方向上, 讨价还价会提高保鲜努力水平、农产品新鲜度和供应链系统利润。在影响程度上, 讨价还价对保鲜努力水平、农产品新鲜

度和供应链系统利润的提高程度则是随着消费者新鲜要求变高而扩大。而消费者新鲜要求越高, 讨价还价对于促进保鲜成本分担比例的作用反而受到抑制, 讨价还价提高保鲜成本分担比例的程度随着新鲜度要求增强而减小。

7 数值分析

参考张旭等^[17]研究中的参数, 设定参数取值如下。制造商单位产品生产成本 $c=1$, 市场潜在需求量 $a=110$, 生鲜农产品未进行保鲜处理时的新鲜度初始值为 $\theta_0=0.7$, 消费者对价格的敏感系数为 $\alpha=20$, 保鲜努力水平的边际保鲜成本系数为 $\mu=150$, 消费者新鲜要求的取值范围为 $0 \leq \beta \leq 50$ 。分别计算不考虑讨价还价和考虑讨价还价的保鲜成本分担比例、制造商保鲜努力和零售商保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润, 通过比较来分析讨价还价的激励作用, 以及这种作用随消费者新鲜要求的变化。

7.1 保鲜成本分担的变化趋势

不考虑讨价还价 S 和考虑讨价还价 B 两种情形下, 零售商分担制造商保鲜成本的比例随新鲜要求的变化如图 1 所示。

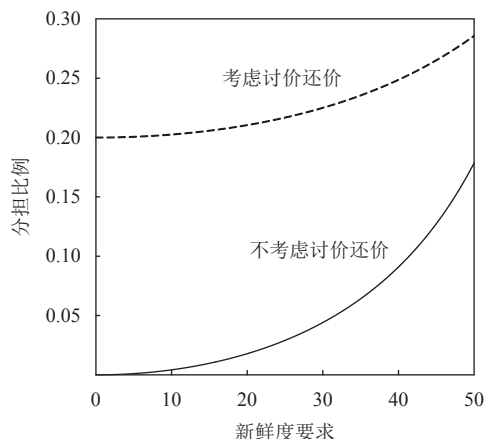


图 1 零售商分担制造商保鲜成本的比例随新鲜度要求的变化
Figure 1 Changes of the proportion of retailers sharing manufacturers' preservation cost with freshness requirements

从图 1 可以看出: 1) 无论是否考虑讨价还价, 零售商分担制造商保鲜成本的比例都会随着新鲜度要求的变高而上升, 这是消费者新鲜度要求的作用结果; 2) 考虑讨价还价会增大分担比例, 使零售商分担更多的制造商保鲜成本, 这验证了定理 1; 3) 随着新鲜度要求越高, 讨价还价使零售商分担更多制造商保鲜成本的程度越低, 这是新鲜度要求和讨价

还价共同作用的结果, 验证了定理 5。此外, 无论是否考虑讨价还价, 随着新鲜要求越高, 分担比例的上升速度都越来越快, 这是对定理 5 的扩展和补充。

7.2 双边保鲜努力的变化趋势

不考虑讨价还价 S 和考虑讨价还价 B 两种情形下, 生鲜农产品供应链双边保鲜努力随新鲜度要求的变化如图 2 所示。

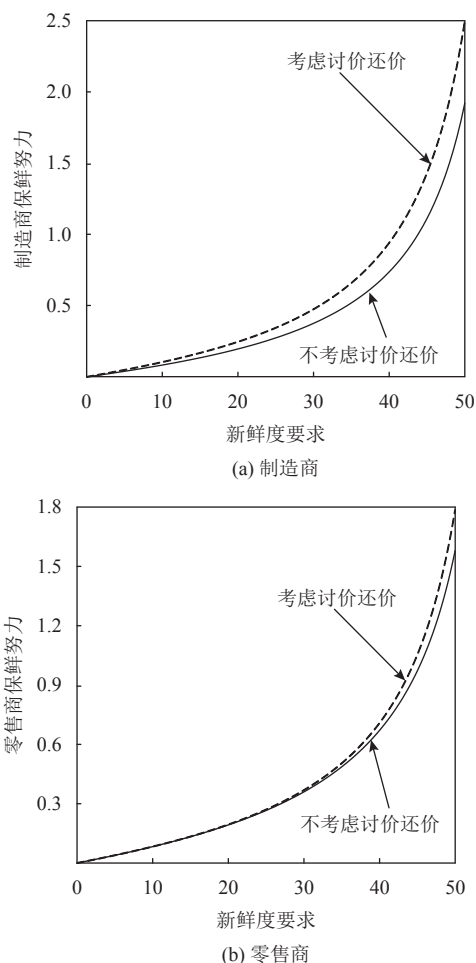


图 2 生鲜农产品供应链双边保鲜努力随新鲜度要求的变化
Figure 2 Changes of bilateral preservation efforts in an agricultural supply chain with freshness requirements

从图 2 可以看出: 1) 无论是否考虑讨价还价, 制造商和零售商的保鲜努力都会随着新鲜度要求的变高而上升, 这是消费者对新鲜度要求的作用结果; 2) 考虑讨价还价会同时提高制造商和零售商的保鲜努力, 这验证了定理 2, 但是这种提高是有限的, 这是对定理 2 的扩展; 3) 随着新鲜度要求越高, 考虑讨价还价促进制造商和零售商保鲜努力上升的程度就越高, 这是新鲜度要求和讨价还价共同作用的结果, 验证了定理 6。此外, 无论是否考虑

讨价还价, 随着新鲜度要求越高, 双边保鲜努力的上升速度都会越来越快, 这是对定理 6 的扩展和补充。

7.3 农产品新鲜度的变化趋势

不考虑讨价还价 S 和考虑讨价还价 B 两种情形下, 农产品新鲜度随新鲜要求的变化如图 3 所示。

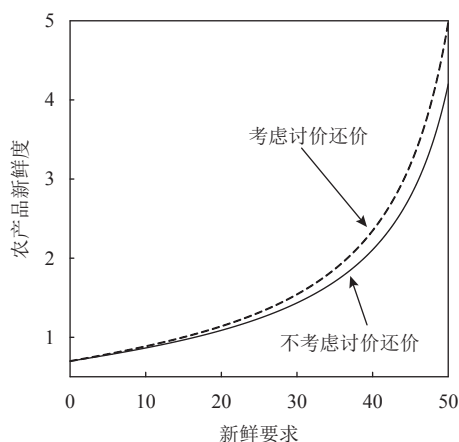


图 3 农产品新鲜度随新鲜要求的变化

Figure 3 Changes of freshness with freshness requirements for agricultural products

从图 3 可以看出: 1) 无论是否考虑讨价还价, 农产品新鲜度都会随着新鲜度要求的变高而上升, 这是消费者新鲜度要求的作用结果; 2) 考虑讨价还价会提高农产品新鲜度, 这验证了定理 3; 3) 随着新鲜度要求越高, 考虑讨价还价促进农产品新鲜度上升的程度就越高, 这是新鲜度要求和讨价还价的共同作用的结果, 验证了定理 7。此外, 无论是否考虑讨价还价, 随着新鲜度要求越高, 农产品新鲜度的上升速度都会越来越快, 这是对定理 7 的扩展和补充。

8 结论与启示

针对如何激励生鲜农产品供应链双边保鲜的问题, 引入由零售商分担部分制造商保鲜成本的成本分担契约, 考虑双方围绕保鲜成本分担的讨价还价, 通过与不考虑讨价还价的成本分担相比较, 分析讨价还价对保鲜成本分担、双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的激励作用, 以及这种作用随着新鲜要求的变化趋势。主要结论如下。

1) 对保鲜成本分担契约, 讨价还价会提高零售商分担制造商保鲜成本的比例; 2) 对制造商和零售商, 讨价还价会同时提高双方的保鲜努力; 3) 对于供应链系统, 讨价还价会提高农产品新鲜度, 增加系统

利润; 4) 消费者新鲜度要求会抑制讨价还价促进保鲜成本分担的作用; 5) 消费者新鲜度要求越高会扩大讨价还价促进生鲜农产品双边保鲜努力、农产品新鲜度和供应链系统利润的作用。

通过以上研究, 对政府、企业和供应链有如下管理启示。

在政府层面: 1) 积极引导消费者, 有意识地提高消费者对生鲜农产品新鲜度的要求, 增强新鲜度要求扩大讨价还价促进保鲜成本分担的作用, 从而提高企业进行保鲜努力的积极性; 2) 加强市场对生鲜农产品的监管, 建立健全生鲜农产品流通规范制度, 不仅要注重质量问题, 还应该注重对新鲜度的管理规范, 以降低生鲜农产品的损耗。

在供应链层面: 1) 供应链的上下游企业应该加强合作, 明确在生鲜农产品流通过程中各自的责任义务, 实现生鲜农产品的全过程保鲜; 2) 制造商和零售商可以合理谈判。通过讨价还价的方式来协商分担保鲜成本, 以此提高保鲜努力的积极性, 从而提供更新鲜的生鲜农产品, 实现双赢局面。

在企业层面: 1) 企业应大力提升保鲜技术, 引进先进的保鲜设备, 组织员工培训保鲜管理的相关知识; 2) 企业要做好生鲜农产品在运输和储存中的相应工作, 积极主动承担起生鲜农产品在流通中的责任, 这样才能真正保证生鲜农产品的“鲜”。

参考文献:

- [1] 谢蕊蕊. 我国生鲜农产品冷链物流“最先一公里”发展探讨[J]. 商业经济研究, 2022(2): 114-117.
XIE Ruirui. Discussion on the development of "first one kilometer" of cold chain logistics of fresh agricultural products in China[J]. Journal of Commercial Economics, 2022(2): 114-117.
- [2] 覃燕红, 向林, 秦星红. 公平偏好下考虑双边保鲜努力的生鲜农产品供应链协调研究[J]. 工业工程, 2021, 24(5): 27-38.
QIN Yanhong, XIANG Lin, QIN Xinghong. Research on supply chain coordination of fresh agricultural products considering bilateral fresh-keeping efforts under fairness concern[J]. Industrial Engineering Journal, 2021, 24(5): 27-38.
- [3] 但斌, 马崧萱, 刘墨林, 等. 考虑 3PL 保鲜努力的生鲜农产品供应链信息共享研究[J/OL]. 中国管理科学, 2022, (2022-03-09). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2835.g3.20220304.1735.002.html>.
DAN Bin, MA Songxuan, LIU Molin, et al. Information sharing in the fresh produce supply chain with 3PL's fresh-keeping effort[J/OL]. Chinese Journal of Management Science, 2022, (2022-03-09). <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2835.g3.20220304.1735.002.html>.

- [4] 曹晓宁, 王永明, 薛方红, 等. 供应商保鲜努力的生鲜农产品双渠道供应链协调决策研究[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(3): 109-118.
CAO Xiaoning, WANG Yongming, XUE Fanghong, et al. Co-ordination strategies for dual-channel supply chain of fresh agricultural products considering the fresh - keeping effort of supplier[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2021, 29(3): 109-118.
- [5] 曹裕, 李业梅, 万光羽. 基于消费者效用的生鲜农产品供应链生鲜度激励机制研究[J]. *中国管理科学*, 2018, 26(2): 160-174.
CAO Yu, LI Yemei, WAN Guangyu. Study on the fresh degree incentive mechanism of fresh agricultural product supply chain based on consumer utility[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2018, 26(2): 160-174.
- [6] 王磊, 但斌. 考虑消费者效用的生鲜农产品供应链保鲜激励机制研究[J]. *管理工程学报*, 2015, 29(1): 200-206.
WANG Lei, DAN Bin. The incentive mechanism for preservation in fresh agricultural supply chain considering consumer utility[J]. *Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 2015, 29(1): 200-206.
- [7] YANG L, TANG R H. Comparisons of sales modes for a fresh product supply chain with freshness-keeping effort[J]. *Transportation Research Part E*, 2019, 125: 425-448.
- [8] MA X L, WANG S Y, SARDAR M N I, et al. Coordinating a three-echelon fresh agricultural products supply chain considering freshness-keeping effort with asymmetric information[J]. *Applied Mathematical Modelling*, 2019, 67: 337-356.
- [9] 周涛, 吕圆圆, 周亚萍. “农超对接”双渠道生鲜农产品供应链协调研究——基于不同主体保鲜努力视角[J]. *管理现代化*, 2022, 42(1): 8-16.
ZHOU Tao, LYU Yuanyuan, ZHOU Yaping. Research on farmer-supermarket docking dual-channel supply chain coordination of fresh agricultural products under the fresh-keeping effort of different subjects[J]. *Modernization of Management*, 2022, 42(1): 8-16.
- [10] 董振宁, 周雪君, 林强. 考虑保鲜努力的生鲜农产品供应链协调[J]. *系统工程学报*, 2022, 37(3): 362-374.
DONG Zhenning, ZHOU Xuejun, LIN Qiang. Coordination of fresh products supply chain with freshness - keeping effort[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2022, 37(3): 362-374.
- [11] 陈艳, 张涵鑫, 杨煜. 考虑保鲜努力的生鲜混合双渠道供应链决策研究[J]. *商业经济研究*, 2022(6): 48-52.
CHEN Yan, ZHANG Hanxin, YANG Yu. Study on decision-making in fresh mixed dual-channel supply chain considering freshness-keeping effort[J]. *Journal of Commercial Economics*, 2022(6): 48-52.
- [12] 邹筱, 庞天赐, 周欢. 双向收益共享成本分担契约下生鲜农产品供应链优化研究[J]. *西南大学学报(自然科学版)*, 2021, 43(11): 122-130.
ZOU Xiao, PANG Tianci, ZHOU Huan. Study on supply chain optimization of fresh agricultural products under the two-way benefit sharing & cost sharing contract[J]. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 2021, 43(11): 122-130.
- [13] 姜永常, 刘畅, 白世贞, 等. 应用区块链的生鲜农产品双渠道供应链最优决策研究[J]. *系统工程*, 2023, 41(1): 63-72.
JIANG Yongchang, LIU Chang, BAI Shizhen, et al. Research on optimal decision-making in dual-channel supply chain of fresh agriproduct by applying block-chain[J]. *Systems Engineering*, 2023, 41(1): 63-72.
- [14] 张旭, 张庆. 保鲜控制损耗下考虑公平关切的生鲜品供应链协调[J]. *系统科学学报*, 2017, 25(3): 112-116.
ZHANG Xu, ZHANG Qing. Coordination of fresh agricultural supply chain considering fairness concerns under controlling the loss by freshness-keeping[J]. *Journal of Systems Science*, 2017, 25(3): 112-116.
- [15] CAI X Q, CHEN J, XIAO Y B, et al. Optimization and coordination of fresh product supply chains with freshness-keeping effort[J]. *Production and Operations Management*, 2010, 19(3): 261-278.
- [16] 王磊, 但斌. 考虑质量与数量损耗控制的生鲜农产品保鲜策略研究[J/OL]. *中国管理科学*, 2022, (2022-08-11). <http://10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.1715>.
WANG Lei, DAN Bin. Research on preservation strategies for fresh produce considering quality and quantity loss control[J/OL]. *Chinese Journal of Management Science*, 2022, (2022-08-11). <http://10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2020.1715>.
- [17] 张旭, 张庆. 零售商公平关切下的生鲜品供应链协调机制[J]. *系统工程学报*, 2017, 32(4): 461-473.
ZHANG Xu, ZHANG Qing. Coordination mechanism for fresh agricultural supply chain under the retailer's fairness concerns[J]. *Journal of Systems Engineering*, 2017, 32(4): 461-473.
- [18] HA A Y, Tong S L, ZHANG H T. Sharing demand information in competing supply chains with production dis-economies[J]. *Mathematics of Operations Research*, 2011, 57(3): 566-581.
- [19] 王道平, 朱梦影, 王婷婷. 生鲜供应链保鲜努力成本分担契约研究[J]. *工业工程与管理*, 2020, 25(2): 36-43.
WANG Daoping, ZHU Mengying, WANG Tingting. Research on the cost sharing contract of fresh products supply chain's freshness-keeping efforts[J]. *Industrial Engineering and Management*, 2020, 25(2): 36-43.

(责任编辑: 郑穗华)